

A REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

A capacidade de criar riqueza e a dificuldade de distribuí-la

Alaor Chaves

O gênero *Homo* evoluiu com rapidez inédita

A evolução dos humanos é um fenômeno sem precedentes na história da vida em nosso planeta. O gênero *Homo* surgiu há menos de 3 milhões de anos. Nos 2 últimos milhões de anos, os humanos acrescentaram coisa de 60 bilhões de neurônios ao seu cérebro e provavelmente o aumento só não foi maior porque, por mais que os bebês nascessem imaturos, seu crânio grande oferecia dificuldades crescentes para o parto. Do *Homo habilis* ao *Homo sapiens* o número de neurônios aumentou à taxa média de 3 mil por ano.

Da evolução biológica à evolução cultural

Cultura, o acervo técnico e comportamental de origem não genética de animais sociais, surgiu em época ignorada. Sabe-se apenas que muitas espécies são capazes de gerar cultura e acredita-se que ela evolui naquelas capazes de criá-la. Mas no gênero *Homo* essa evolução tornou-se mais ágil. Com a habilidade de imaginar e fazer ferramentas, a capacidade de gerar inovações culturais também ganhou outro ritmo de crescimento. Em um momento ignorado, os humanos criaram a linguagem gramatical, uma inovação espetacular. Por meio de sons vocalizados com grande precisão, foram criadas palavras que se organizam em algumas poucas classes: substantivo, adjetivo, verbo, advérbio, interjeições, numerais, pronomes, preposições, artigos e conjunções, com as quais ficou possível criar frases segundo regras gramaticais claras. Os sons específicos usados para cada palavra variavam e ainda variam de um grupo social para outro, mas suas classes e as regras gramaticais são quase perfeitamente universais. Para aqueles que, como eu, dão crédito às teorias de Noam Chomsky, as regras básicas da linguagem gramatical estão geneticamente incorporadas ao cérebro humano, assim como, no caso das abelhas, a técnica de fazer favos de mel na forma de prismas hexagonais. A linguagem deu ímpeto inédito à evolução da cultura.

Nos últimos cerca de setenta mil anos, o *Homo sapiens* saiu da África e espalhou-se por quase todo o Globo. Segundo estudos genéticos, um pouco antes disso sua população passou por um estrangulamento que a reduziu a algo entre mil e dez mil pessoas. Por pouco não fomos extintos! Mas com sua capacidade para se adaptar aos diferentes ambientes que encontrou à sua frente, o homem cresceu em número nos vários continentes que passou a ocupar. Logo ao findar a última era glacial, há cerca de 12 mil anos, a agricultura e a domesticação de animais foi desenvolvida, primeiro no Oriente Médio e mais tarde, independentemente ou por importação, em outros locais^{1,2}. As estimativas da população mundial naquela época vão de 1 a 15 milhões. Já

no início da Era Cristã, a população humana atingira algo entre 200 e 400 milhões.

Tal crescimento, embora expressivo, é muito lento comparado ao que vem acontecendo nos últimos dois séculos, período em que a população mundial cresceu de maneira explosiva e multiplicou-se por sete. Mais rápido ainda foi o crescimento da produção mundial de riqueza, que no mesmo período multiplicou-se por setenta. Os dados sobre essas duas grandezas referentes a tempos anteriores a 1820 são muito imprecisos, mas mesmo com eles podemos ter uma visão suficientemente clara de seu crescimento. Nas Figuras 1 e 2, podemos ver, respectivamente, a evolução da população mundial e da produção mundial de riqueza nos dois últimos milênios. Tais figuras foram preparadas por Tessaleno C. Devezes³ a partir de levantamentos estatísticos de Angus Maddison⁴.

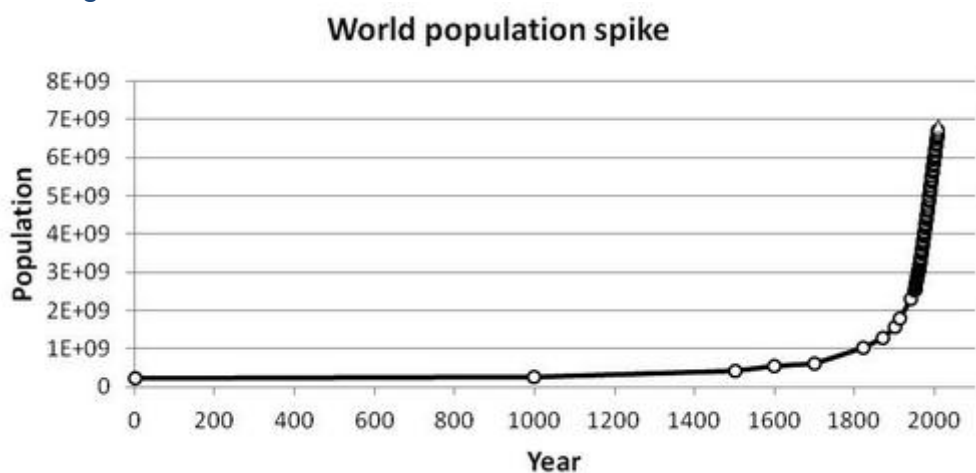


Figura 1 – Crescimento da população mundial na Era Cristã.

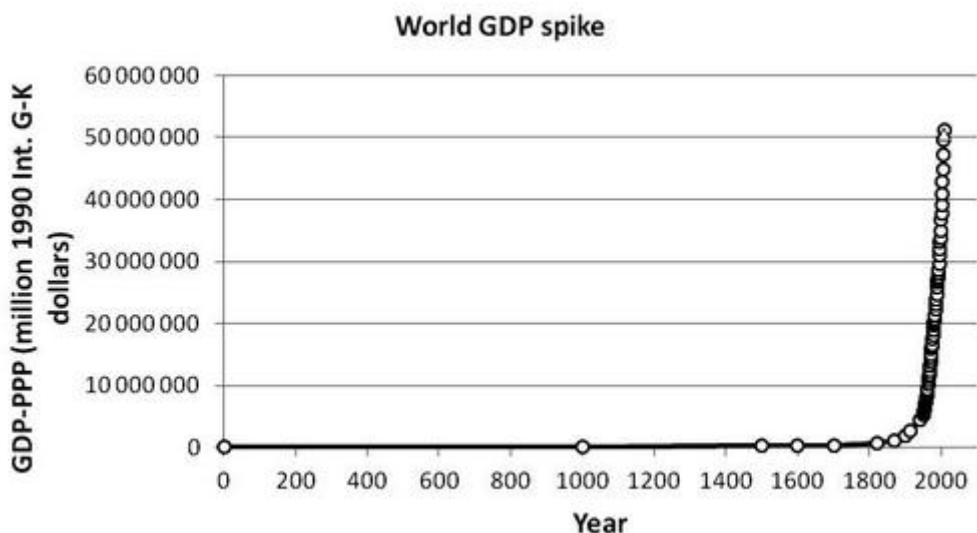


Figura 2 – Crescimento da economia mundial na Era Cristã

No início da Era Cristã, a população mundial era cerca de 300 milhões e cresceu lentamente até 1700, mas atingiu o primeiro bilhão em 1800.

O extraordinário crescimento recente foi resultado da Revolução Industrial, que a partir do início do século XVIII até meados do século XIX transformou a

produção de bens diversos da forma artesanal para a forma fabril, usando força motriz gerada por meio de energia hidráulica e térmica. Tal revolução iniciou-se no Reino Unido e após algumas décadas atingiu a Europa, EUA e, no seu final, o Japão, e marca a transição entre o mundo moderno e o mundo contemporâneo. Na verdade, ainda estamos vivendo a revolução industrial. Na segunda metade do século XIX, quando foram desenvolvidos o motor de explosão interna, o telégrafo, a indústria química e o uso da energia elétrica, a revolução tomou características tão distintas que mais tarde recebeu o nome de Segunda Revolução Industrial. Após a Segunda Guerra Mundial, a revolução novamente tem se apresentado sob características também distintas e é chamada Terceira Revolução Industrial. Neste texto, achamos conveniente englobar as três revoluções numa revolução ainda em andamento e denominá-la Revolução Tecnológica.

É oportuno situar a revolução tecnológica no contexto histórico. Nos séculos XVI e XVII a investigação da natureza passou por profundas transformações de métodos e pela criação de novos paradigmas sobre o que sejam uma teoria científica e seus métodos de validação. No seu conjunto, essas transformações foram mais tarde denominadas Revolução Científica. Nem todos os historiadores aceitam a ideia de que tenha havido tal revolução, pois as mudanças decorreram em grande parte de inovações na arte dos ofícios (artesanato) desenvolvidas no final da Idade Média e no Renascimento, e os referidos historiadores consideram que o processo evoluiu de forma contínua em um período de uns quatro séculos. Mas o historiador e sociólogo da ciência Steven Shapin inicia seu livro *The Scientific Revolution*⁵ com a frase provocativa *There was not a scientific revolution and this is a book about it* (Não houve uma revolução científica e este é um livro sobre ela). A Revolução Científica marca o início do mundo moderno. O historiador Herbert Butterfield, no livro *The Origins of Modern Science*⁶ faz a seguinte avaliação da grandeza dessa revolução: “ *It outshines everything since the rise of Christianity and reduces the Renaissance and Reformation to the rank of mere episodes...*” (Ela supera tudo desde a ascensão do cristianismo e reduz a Renascença e a Reforma à categoria de meros episódios...).

Também se questiona o termo revolução industrial para a descrição do conjunto das mudanças na produção de utensílios e outros bens que vem ocorrendo desde o século XVIII. Para alguns, essas mudanças nasceram de forma contínua e natural da Revolução Científica, do capital acumulado pelo Mercantilismo na Europa e das práticas capitalistas, que transbordaram do setor comercial e bancário para o de produção de bens. Mas vou aqui endossar a opinião da maioria dos comentaristas do assunto: a Revolução Industrial é o maior evento histórico desde o surgimento da agricultura. A Primeira Revolução Industrial, que envolveu técnicas mecânicas e termodinâmicas, teve pouca influência da ciência. As inovações e invenções que a moveram foram feitas por artesãos, mecânicos com conhecimento puramente prático e pessoas com conhecimento também prático do poder motriz dos gases aquecidos, especialmente do vapor, conhecido desde a Grécia clássica. A ciência da termodinâmica na verdade só foi desenvolvida nos anos 1820-1850, quando a máquina a vapor já era intensamente usada, e sua motivação original era melhorar o desempenho da referida máquina. Na Segunda Revolução

Industrial, que avançou de 1850-1860 até a Segunda Guerra, a ciência teve um papel relevante e aquela não poderia ter ocorrido sem as novas teorias da termodinâmica e do eletromagnetismo, nem dos importantes avanços da química.

A Terceira Revolução, que ainda vivemos, na verdade é uma revolução técnico-científica, na qual ciência e técnica co-evoluem em ciclos de retroalimentação mútua: avanços científicos levam ao desenvolvimento de novas técnicas e novos equipamentos, que por sua vez retroalimentam o avanço da ciência. A Segunda Guerra demonstrou aos agentes políticos e à população o potencial da ciência como gerador de tecnologia. No pós-guerra, conceituou-se a interação entre ciência e tecnologia, com o emprego dos termos ciência básica e pesquisa aplicada⁷, pesquisa com ou sem considerações de uso^{7,8}, e criaram-se instituições governamentais incumbidas de fomentar os diversos tipos de pesquisa. Novas tecnologias, de fundamento muito mais científico, vêm sendo desenvolvidas, tais como a eletrônica de estado sólido, a química seca, a microeletrônica, a computação, as telecomunicações por satélites e por fibras ópticas, o GPS, a nanotecnologia, a biotecnologia, e outras.

As mudanças na terceira revolução estão se acelerando. Darwin provavelmente não tenha sentido que sua vida era afetada pela Revolução Industrial. Percebeu que os microscópios que usava para analisar organismos ganhavam melhor potência e nitidez, que os tecidos usados nos seus vestuários, toalhas e lençóis eram mais macios e tinham fios mais finos, talvez tenha notado que um novo aparelho de jantar comprado por sua esposa foi mais barato, embora os talheres apresentassem melhor qualidade, mas nada o obrigou a mudar seus hábitos. No final da vida usou lampiões a gás, em vez de lamparinas, para as suas leituras. Já eu e o leitor, sentimos claramente estar vivendo em uma revolução que afeta profundamente todo o cenário em que vivemos. Eric Gastfriend estima que 90% dos cientistas da história estão vivos⁹ e disso resulta avanço do conhecimento em tal ritmo que até mesmo os melhores cientistas são incapazes de acompanhar as novidades fora do seu cada vez mais estreito campo de trabalho. Deve-se considerar que, mesmo se o número de cientistas se mantivesse constante, a taxa de avanço do conhecimento estaria crescendo em decorrência do aperfeiçoamento dos instrumentos de investigação. A agregação de número crescente de pesquisadores faz com que o conhecimento avance a taxas que crescem de maneira quase alucinante.

A geografia econômica, que sempre foi instável, vem sendo fortemente afetada desde o início da RI. Na Figura 3 podemos ver a participação de alguns países na produção mundial de riqueza no período 1700 – 2008¹⁰.

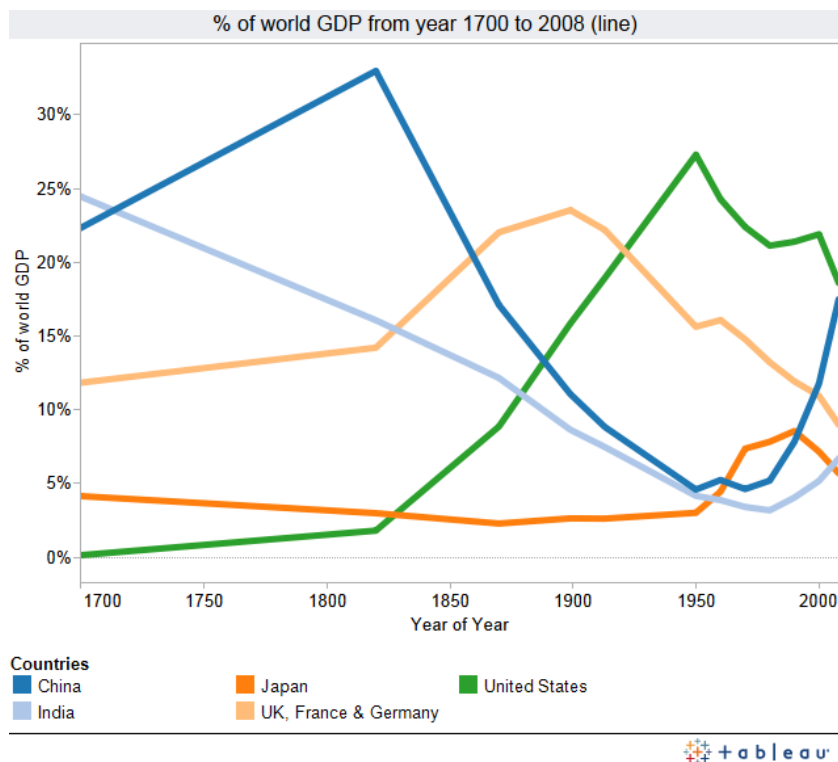


Figura 3 – Participação de alguns países na produção da riqueza mundial. Fonte: Ref. 10.

Em 1700, Índia e China, tinham, cada uma, um PIB que superava o da soma dos países europeus. A França, o Reino Unido e a Alemanha eram os países europeus mais importantes, não só pelo desenvolvimento como também pela população, mas no seu conjunto produziam apenas cerca de 12% da riqueza mundial. A participação dos EUA na produção de riqueza era inferior a 1%. A RI teve início na região provincial do Reino Unido, embora a população do Reino em 1700, de cerca de 7 milhões de habitantes, fosse um terço da população da França, o país mais populoso da Europa na época, e os dois reinos tivessem aproximadamente o mesmo nível de desenvolvimento. Mas o Mercantilismo, ainda em prática na Europa da época, gerou mais capital per capita na Inglaterra. Além do mais, o regime britânico era politicamente mais liberal que o francês e o alemão, o que permitiu o florescimento do liberalismo econômico, fator importante para a ascensão da RI.

O pensamento econômico durante a RI, para o bem ou para o mal, tem sido altamente influenciado por Adam Smith (1723 – 1790), o pai da Economia contemporânea. Durante o Mercantilismo, que conviveu por algum tempo com a RI, o Estado, que praticava a ideologia nacionalista, protegia o mercado interno e o das colônias por meio de barreiras diversas, inclusive o fechamento de portos, tinha atuação muito forte na economia. Smith defendeu fervorosamente o liberalismo econômico no qual o Estado se limitasse a funções que não pudessem ser realizadas pelo setor privado, e que este deveria competir de forma livre. Por meio da sua imaginada “mão invisível”, se cada um pudesse buscar livremente satisfazer seus interesses econômicos o bem comum seria bem atendido pelas leis do mercado. Seu principal livro, A Riqueza das Nações (1776), ainda é a principal base teórica de muitos economistas. Mas não tardou que suas ideias otimistas encontrassem críticos,

ou no mínimo céticos. Thomas Malthus (1776 – 1834) considerava insolúvel a sorte dos pobres, que no seu tempo constituíam 95% da população. Apontou corretamente que a população tinha a capacidade de crescer geometricamente (exponencialmente). Já a produção de alimentos, postulou, crescia linearmente. Assim, qualquer melhoria nas condições de vida dos pobres resultaria em rápido crescimento da sua população, o que logo degradaria novamente suas condições.

David Ricardo (1772 – 1823) observou que a quantidade de terras era um bem intrinsecamente limitado. O crescimento da população levaria ao uso agrícola de terras cada vez menos impróprias, cujo cultivo exigiria investimentos diversos. Com isso, fração cada vez maior do capital e conseqüentemente da renda ficaria nas mãos dos proprietários de terras agrícolas, o que limitaria o capitalismo industrial. Assim como Malthus, Ricardo ignorou a importância dos ganhos de produtividade agrícola com os avanços tecnológicos. Mais do que isso, ignorou o fato de que já no seu tempo o valor das terras agrícolas no Reino Unido, na França e na Alemanha declinava fortemente como fração do PIB. Esse declínio permanece ocorrendo monotonicamente até hoje. No Reino Unido, em 1700 as terras agrícolas valiam, 4 vezes o PIB anual e hoje valem 5% do PIB. Na França, em 1700 valiam 4,7 vezes o PIB e hoje valem 10% do PIB¹¹.

Karl Marx foi o último do famoso trio de economistas da Revolução Industrial cujas previsões pessimistas não foram confirmadas pela história. Segundo Marx, a inevitável acumulação de capital na mão dos industriais geraria lucros declinantes; esta seria uma contradição inerente ao sistema capitalista de produção. A reação dos capitalistas seria elevar a mais valia aumentando as jornadas de trabalho e reduzindo os salários até o limite de sobrevivência dos proletários. Isso levaria a uma sublevação destes, que tomariam o poder e implantariam uma ditadura do proletariado. Como seus anteriores, Marx minimizou enormemente a importância histórica da tecnologia.

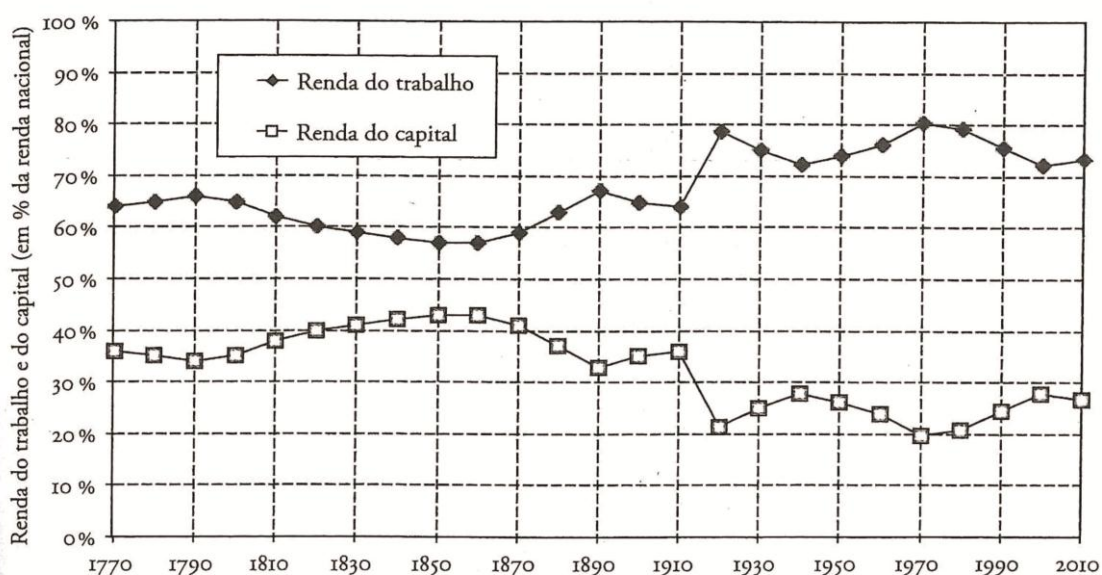


Figura 4 – Divisão da renda no Reino Unido de 1770 a 2010. Fonte: Piketty, Ref.11

Na Figura 4 pode-se ver a evolução das participações do trabalho e do capital na renda nacional do Reino Unido. Em 1770 64% da renda ia para o trabalho e 36% para o capital. Na época em que Marx viveu, a participação do trabalho na renda de fato havia se reduzido para 57% da geração de riqueza. Mesmo que essas cifras não fossem objeto de medidas naquele tempo, as perdas do trabalho na partilha da renda certamente eram visíveis e duramente sentidas, o que levou a importantes movimentos dos trabalhadores e inspirou Marx. Mas em 1970, a fração da renda do Reino Unido destinada ao trabalho havia aumentado para 80%. Após esse pico, houve considerável declínio da fração da renda do trabalho, que merece estudo detalhado seguido de ações governamentais. A globalização e as políticas neoliberais de Thatcher certamente tiveram seu papel nesse ganho da renda do capital no Reino Unido.

A extraordinária dinâmica do século XXI

O avanço da cultura, que inclui a ciência e a tecnologia, é um processo evolutivo semelhante ao avanço da complexidade da vida. Em ambos os casos, cada novo incremento apoia-se no que há de melhor no presente, o que constitui uma retroalimentação positiva dos últimos avanços. Ray Kurzweil, autor, inventor, futurista e cientista da computação que desde 2012 trabalha na Google no entendimento da linguagem por computadores, foi um dos primeiros a apontar o paralelismo entre os dois processos e ilustrá-lo de forma convincente.

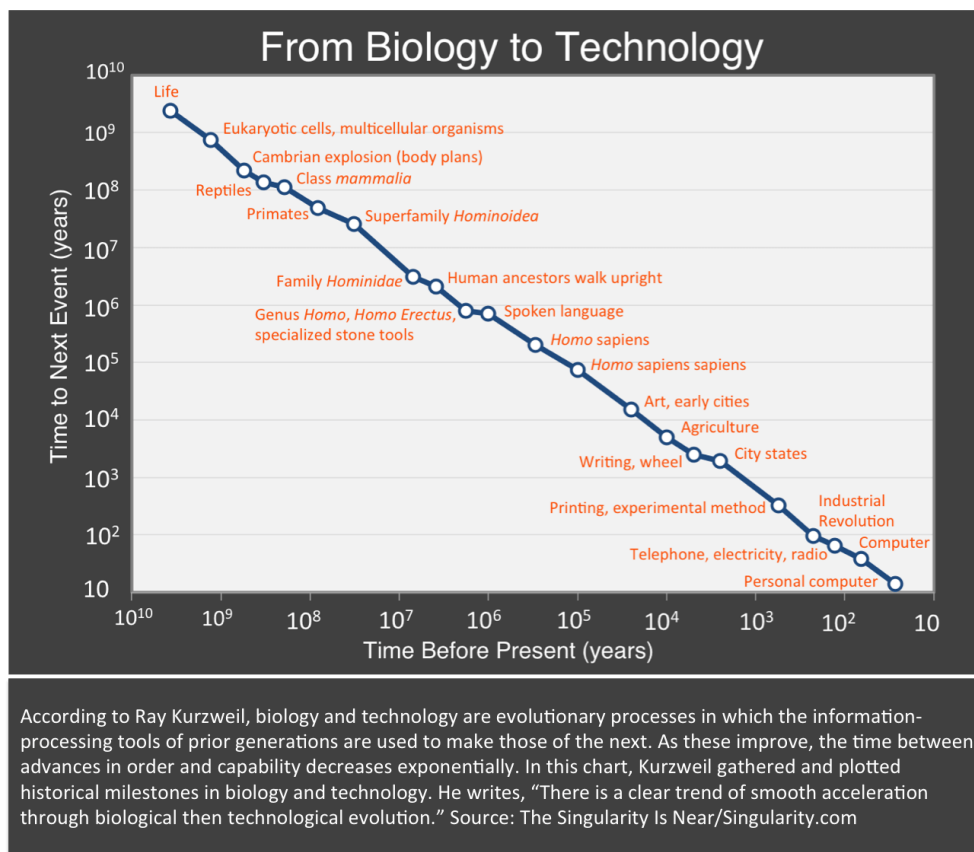


Figura 5 – Logaritmo do tempo decorrido entre dois grandes marcos evolucionários em função do logaritmo do tempo até o presente.

No gráfico da Figura 5, baseada em outra de Kurzweil, podemos ver o tempo decorrido entre dois marcos evolucionários, em horizonte que cobre o período dominado pela evolução biológica e também o dominado pela evolução da cultura humana, que avança mais rápido que a biologia e tomou a dianteira no processo evolutivo. O gráfico mostra que este processo acelera-se quando o tempo avança, pois a distância temporal entre os marcos sucessivos se encurta com o passar do tempo. Imagine o leitor uma estrada em que os marcos de distância fossem se comprimindo à medida que nos aproximamos de um marco final. Pois bem, leitor, você está imaginando exatamente o que o gráfico ilustra. Ele mostra também, o que é talvez surpreendente, que quando a cultura substitui a extraordinariamente rápida evolução biológica dos homínidos e finalmente do gênero *Homo*, a evolução cultural do *Homo sapiens* toma o lugar da evolução biológica de modo dinamicamente suave, sem qualquer mudança na inclinação da reta do gráfico. Voltaremos a discutir esse processo mais adiante.

Tendências sociais e econômicas na Revolução Técnico-Científica

Thomas Piketty reuniu uma equipe, que incluía 22 doutorandos, e por quinze anos fizeram o estudo mais completo jamais feito sobre o aumento da riqueza e sua distribuição, num conjunto de mais de 20 países, no período 1700-2012. Esse soberbo arquivo de dados e sua análise são sumarizados no livro *O Capital no século XXI*¹¹. Piketty faz várias previsões sobre a evolução da riqueza e da renda e sua distribuição entre as nações e entre os indivíduos no horizonte do presente século. Previsões desse tipo quase sempre são sujeitas a erros, e Piketty tem plena noção de que as suas são meras possibilidades que ele condidera prováveis. Em nossa visão, como aconteceu com outros economistas já mencionados neste artigo, Piketty subestima a importância da tecnologia na história da economia. Já nós, alguns dirão que por sermos ligados à ciência e à tecnologia, acreditamos que a tecnologia é o grande motor da história, e que as revoluções econômicas têm sua origem última em avanços tecnológicos. A primeira das grandes revoluções na história humana, que deu origem às civilizações, foi o desenvolvimento da agricultura e da domesticação de animais, uma revolução técnica. A invenção da escrita, outra inovação técnica, possibilitou a formação de estados governados e administrados por uma burocracia sob as ordens de um monarca; também possibilitou que informações diversas fossem registradas, e dessa maneira passadas a pessoas longínquas no espaço e no tempo. A colonização do mundo pelos europeus deu-se graças a inovações na cartografia e nas técnicas de navegação. A fase de crescimento explosivo que vem ocorrendo desde o século XVIII é decorrente da Revolução Tecnológica, e a evolução dos parâmetros sócioeconômicos no século XXI será determinada principalmente pelos avanços técnico-científicos. Em última instância, a tecnologia determina até mesmo o modo de viver das pessoas, seus costumes e boa parte dos seus valores. A escravidão foi abolida pela técnica: as máquinas levaram à obsolescência dos escravos. Sem as máquinas, principalmente as máquinas agrícolas, o direito à liberdade de todas as pessoas, um valor universal do mundo atual, não seria reconhecido.

A ciência e a técnica avançarão cada vez mais rapidamente, pelo menos no horizonte de futuro sobre o qual possamos especular com alguma chance de êxito. Isso porque o número de cientistas passou a crescer exponencialmente desde o final da Segunda Guerra. Como já dissemos, estudo recente⁹ leva à conclusão que 90% dos cientistas que jamais existiram estão vivos. Nesse estudo, cientista é qualquer pessoa que tem um título de doutor, em qualquer área do conhecimento, ou seja, qualquer pessoa capaz de gerar conhecimento avançado. A estimativa é baseada na curva de crescimento do número de títulos de doutor concedidos em um conjunto de países selecionados. Na verdade, o crescimento no número de doutores pode ter sido subestimado, pois os países emergentes são pouco representados na pesquisa e é exatamente neles que o número de doutores cresce mais rapidamente.

Para o caso do Brasil, há um estudo relevante feito pelo CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos sobre a evolução do número de doutores formados no período 1996 – 2014¹². Com base neste levantamento e na sua extrapolação para os anos 2015 e 2016, concluímos que 70% dos doutores brasileiros obtiveram seus títulos nos últimos 10 anos. O número de doutores hoje existentes no Brasil é cerca de 180 mil. Em 1970 havia estimativas de que o número de doutores era coisa de 1 mil. Daí podemos concluir que 99% dos cientistas da história brasileira estão vivos. Em primeira aproximação, o Brasil só tem cientistas vivos; no campo da ciência não temos passado, só temos presente e futuro! Na China, país considerado na pesquisa mencionada⁹, o aumento do número de cientistas formados, que decolou nos anos 1980, é vertiginoso. Como apontou Piketty¹¹, o século XXI promete ser o século da equalização geográfica da riqueza e podemos afirmar sem muito risco que isso irá acelerar ainda mais a formação de novos cientistas, e que com isso a taxa exponencial do crescimento do número de cientistas irá crescer.

O crescimento exponencial a taxas elevadas leva a uma espécie de aniquilação do passado, exceto no papel de condições iniciais. Veja o caso do crescimento do número de cientistas. Possivelmente, o conhecimento gerado no próximo quarto de século será maior do que todo o conhecimento acumulado na história. Uma parte muito substantiva e crescente desse novo conhecimento virá de países emergentes e mesmo de países atualmente pobres. Regiões como a África subsaariana serão mais lentas nesse processo, em parte por causa das divergências tribais que retardam a organização dos estados nacionais, principalmente na África Central, mas a Revolução Tecnológica parece ser uma força irresistível que se espalhará por todo o Globo.

Os dados de Piketty mostram dois fatos que merecem detalhada atenção e provavelmente exigirão reformas tributárias, principalmente nos países ricos. Primeiro, parte da riqueza está se concentrando nas mãos de um reduzido número de bilionários. Segundo a revista Forbes, em 2016 havia no mundo 1826 bilionários (em dólares), cuja riqueza somada era de US\$6,5 trilhões. Na verdade, esse montante é pequeno comparado ao valor total do patrimônio privado mundial, estimado em cerca de US\$260 trilhões. Mas há um agravante, apontado por Piketty, o de que o rendimento do capital aumenta muito

significativamente com o valor da fortuna. Quem possui US\$200 mil provavelmente terá de se satisfazer com rendimentos de 2-3% ao ano. Já os donos das grandes fortunas alcançam rendimentos de cerca de 10%, decorrentes não só do efeito de escala mas também do profissionalismo na administração do capital. Isso aponta para uma rápida concentração da riqueza nas mãos de poucos. Vale apontar, não como justificativa, mas para se ver que as grandes fortunas foram no passado propulsoras de avanço econômico, que no final do século XIX e início do século XX havia um bom número de pessoas com fortunas, em dólares atuais, muito maiores do que as de Bill Gates, embora a riqueza mundial fosse muitíssimo menor. De memória cito Andrew Carnegie, John P. Morgan, Cornelius Vanderbilt, John D. Rockefeller, e Henry Ford, e a lista completa é maior. Estima-se que Rockefeller tenha acumulado uma fortuna de US\$390 bilhões do ano 2000.

O segundo fato apontado por Piketty é que a distribuição dos rendimentos do trabalho, que nos países ricos somam mais de 70% da riqueza gerada, está piorando. As pessoas com altos salários estão ficando com uma fatia cada vez maior do bolo. Essa concentração da renda do trabalho é especialmente severa nos EUA. Desde meados dos anos 1970 os salários mais baixos subiram muito pouco e os salários mais altos vem subindo rapidamente. Na Figura 6, pode-se ver a evolução da renda per capita e dos rendimentos medianos das famílias americanas no período 1993-2006. No período 2000-2015, enquanto a renda per capita aumentou 15%, a renda mediana das famílias teve um pequeno declínio, o que revela grande aumento na desigualdade das rendas. Segundo Piketty, dois terços dessa piora vem do aumento das desigualdades dos salários e um terço vem do aumento da concentração do capital. Na Europa também houve piora na distribuição da renda, mas ela foi bem menor do que nos EUA. Nem mesmo os países escandinavos ficaram livres desse aumento da desigualdade. Não resta dúvida da necessidade de políticas tributárias e de transferência de renda para os que têm logrado menos nesses países ricos.

Mas o estudo de Piketty, e o de várias ONGs bastante ativas no presente, focalizam excessivamente os países ricos e ignoram os avanços que ocorrem no mundo como um todo.

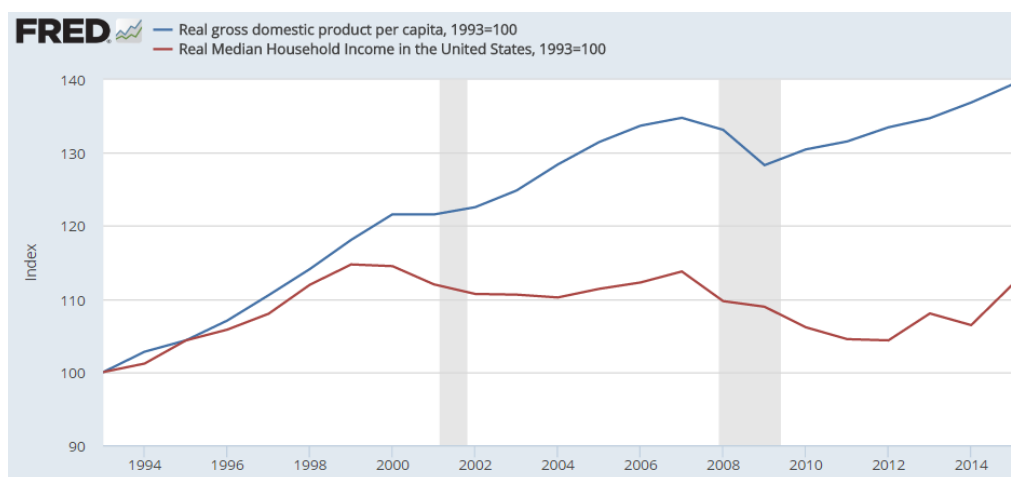


Figura 6 – Evolução da renda per capita e do rendimento mediano das famílias americanas no período 1993-2015. Fonte: en.wikipedia.org

A Tabela 1 mostra a evolução do percentual de pessoas no mundo que vivem na extrema pobreza, ou seja, com renda diária abaixo de 1,9 dólares.

Ano	Percentual de pessoas
1820	94%
1970	60%
1990	37%
2000	28%
2008	21%
2015	9,6%

Tabela 1 – Redução do percentual da população mundial vivendo na pobreza extrema. Fonte: Roser (Ref. 13)

Vê-se na tabela uma enorme redução da pobreza extrema nos últimos dois séculos, que evolui de maneira contínua e acelerada. Desde 2008, o percentual de pobres extremos reduziu-se à metade. Mais de 1,3 bilhões de pessoas saíram da condição de pobreza extrema no presente século.

O processo de perda da renda dos trabalhadores pior remunerados nos EUA e Europa é principalmente um processo de transferência de renda para os trabalhadores do resto do mundo, ao qual se soma a redução de empregos para trabalhadores menos qualificados nos países ricos em decorrência da automatização crescente das fábricas e de parte dos serviços. O primeiro robô industrial foi um soldador de funilaria de automóveis numa montadora da GM, instalado em 1962. Desde então, a robotização fabril não parou de crescer. Alguns arguem que esse processo de automatização, que se estendeu para outros setores da economia, não reduz empregos, pois o ganho na produtividade aquece a economia, o que cria novos empregos que compensam com sobra os eliminados. Entretanto, os novos empregos gerados tendem a requerer maior nível de qualificação dos contratados e os salários pagos a eles é bem mais alto. Deste modo, a automatização atua como um gerador de desigualdade na renda dos trabalhadores.

A transferência de renda para os países pobres, principalmente os emergentes, advém da globalização, que tomou força crescente desde os anos 1970. A globalização é o resultado natural de dois fatores: a) avanço das telecomunicações e dos transportes; b) a prática do livre comércio e do livre trânsito internacional do capital financeiro. Até bem pouco tempo, muitos pensavam que a globalização levava a transferência de riqueza dos países pobres para os ricos, o que é surpreendente, pois a equalização geográfica da riqueza salta aos olhos de quem vê os dados sem viés ideológico. A parte mais pobre do mundo vem crescendo a taxas muito mais elevadas que as vistas nos países ricos. Os capitalistas e trabalhadores mais qualificados dos países ricos têm auferido benefícios da globalização, mas os trabalhadores menos qualificados têm perdido renda (caso dos EUA). No caso europeu, os que

conseguem manter seus empregos preservam suas rendas, mas o desemprego está muito alto desde a crise de 2008.

Nos países ricos, os salários dos trabalhadores altamente qualificados, principalmente os executivos das empresas, atingiu níveis nunca vistos. Também são muito altos os rendimentos das estrelas do show business, das artes, da mídia e dos esportes, mas estes compõem apenas 5% do grupo de pessoas com altíssimos rendimentos do trabalho¹¹. No caso dos executivos, alega-se que seus altos rendimentos são resultado da elevada produtividade marginal do seu trabalho, mas há também uma forte componente política nesse fenômeno. Ocorre que, como há muito tempo apontou John K. Galbraith¹⁴, nas sociedades anônimas contemporâneas a diretoria tem capacidade de manipular o conselho de administração por meio de indicadores de difícil análise e desse modo aumentar sua contribuição aparente para o lucro da empresa. A má distribuição dos rendimentos do trabalho nos países ricos é um problema que pode (e precisa) ser mitigado por ações governamentais que incluam aumento da progressividade do imposto de renda e transferência de renda para os mais pobres. O difícil de segurar é a competição de centenas de milhões de trabalhadores que ingressam crescentemente no mercado de trabalho nos países emergentes, principalmente no leste e sudeste da Ásia, dispostos a enfrentar jornadas de trabalho muito mais altas que a dos trabalhadores ocidentais em troca de salários mais baixos. A classe média nos países emergentes tem crescido com muito vigor. Segundo o banco Credit Suisse¹⁵, em 2015 a classe média chinesa, com 109 milhões de adultos, superou em número a classe média americana, com 92 milhões de adultos. Não é só a classe média que se amplia no leste da Ásia. O número de bilionários na China em 2016 (252), segundo a Forbes, era maior que a soma dos existentes no Reino Unido, Alemanha e França (208). A Coreia tem mais bilionários do que a França.

Os problemas decorrentes da globalização nos EUA e Europa estão levando a reações políticas que podem ter consequências muito negativas. Donald Trump e outros políticos populistas na Europa “descobriram” que a globalização transfere empregos para os países emergentes, além de gerar problemas na balança comercial dos países ricos e prometem tomar providências. A Europa, na verdade, sempre foi protecionista e nunca praticou o livre comércio para valer, exceto nos aspectos que ele lhes são convenientes. O protecionismo aos seus produtores agrícolas é histórico e acabou levando a ineficiência no setor. Nos EUA, recentemente houve protestos de agricultores contra a Cargill, que estaria bombeando o rápido avanço da produção de grãos no Brasil. A partir de agora a Europa e os EUA provavelmente tenderão a proteger suas indústrias. Os EUA, o país comercialmente mais aberto do mundo, anunciou que criará barreiras comerciais diversas para recuperar sua indústria e aumentar o emprego e a renda dos trabalhadores em manufaturas. Barreiras tarifárias elevadas, componentes nacionais, enfim esse tipo de política que tem mantido a indústria brasileira pouco competitiva. Nesse jogo, no qual ninguém quer perder, pode ser que todos saiam perdendo no curto prazo. No longo prazo, os países atualmente pobres, principalmente os asiáticos, serão os vencedores. Isso por uma questão puramente aritmética: o tamanho das suas populações e, portanto, dos seus mercados internos potenciais.

A luta por ganhos na produtividade será decidida pela educação das pessoas.

Percentual mundial de pessoas com diferentes níveis de escolaridade		
2015	3º. Grau	10%
	2º. Grau	19,7%
	Sem escolaridade	10,6%
2050	3º. Grau	18%
	2º. Grau	29%
	Sem escolaridade	5,1%
2100	3º. Grau	34%
	2º. Grau	37%
	Sem escolaridade	0,9%

Tabela 2 - Projeções sobre o nível mundial de escolaridade. Fonte: Roser (Ref.13)

Roser¹³ fez projeções também sobre a evolução mundial da escolaridade no século XXI, e parte das suas predições são exibidas na Tabela 2. Pelas previsões, em 2100 71% das pessoas no mundo terão pelo menos o segundo grau completo, e não haverá analfabetos. O percentual de pessoas que terão concluído o terceiro grau de educação (34%) será maior que o atualmente existente nos EUA (30%), na França (32%) e na Alemanha (27%). Como já se viu na Figura 3, no início da Tevolução Industrial os países atualmente ricos produziam pequena parte da riqueza mundial, e é bem provável que isso volte acontecer até o final do século XXI. Com políticas bem formuladas e praticadas, pode ser que o produto per capita nesses países permaneça entre os mais altos do mundo, mas suas economias serão relativamente pequenas por causa da pequena população.

Singularidade tecnológica?

Como prometido, voltamos a discutir a Figura 3. O intervalo de tempo decorrido entre dois marcos evolucionários (biológicos ou culturais) reduz-se cada vez mais rapidamente com o avanço do tempo. No tempo presente, dominado pela evolução científico-tecnológica, esse intervalo parece tender para um valor nulo, pelo menos no aspecto prático. O avanço técnico atual é dominado pela informática, pela nanotecnologia e pela biotecnologia. O eletromagnetismo e a mecânica quântica permeiam todos esses avanços. Um pendrive do tamanho de um pequeno canivete pode hoje armazenar 20 milhões de vezes mais dados que o computador usado na nave que levou o homem à lua em 1969. Desde os anos 1960, a velocidade dos computadores dobra a cada 18 meses, segundo a lei de Moore, e de 1966 a 2016 multiplicou-se por 1 bilhão. A nanotecnologia está revolucionando a indústria e a medicina. A biotecnologia está avançando a um passo assustador. A Genentech, primeira indústria de biotecnologia, foi criada em 1973. Hoje há incontáveis delas, que estão revolucionando a produção de fármacos e gerando inúmeros organismos transgênicos. Em todas essas revoluções, além da crescente qualidade dos produtos, seu custo também decai exponencialmente. Em 2001, início do século, poucas pessoas tinham telefones portáteis e eles só permitiam fazer

ligações telefônicas e passar mensagens SMS. Hoje eles permitem conexões rápidas com a internet, têm câmaras de fotografia e filmagem com 20 megapixels e são capazes de se localizar, via GPS, com incerteza igual à extensão do braço humano. A operação do GPS foi demonstrada em 1967. A queda do custo dos produtos e feitos técnicos é bem ilustrada pelo caso do levantamento do genoma humano. A Figura 7 mostra a evolução do custo do levantamento de um genoma.

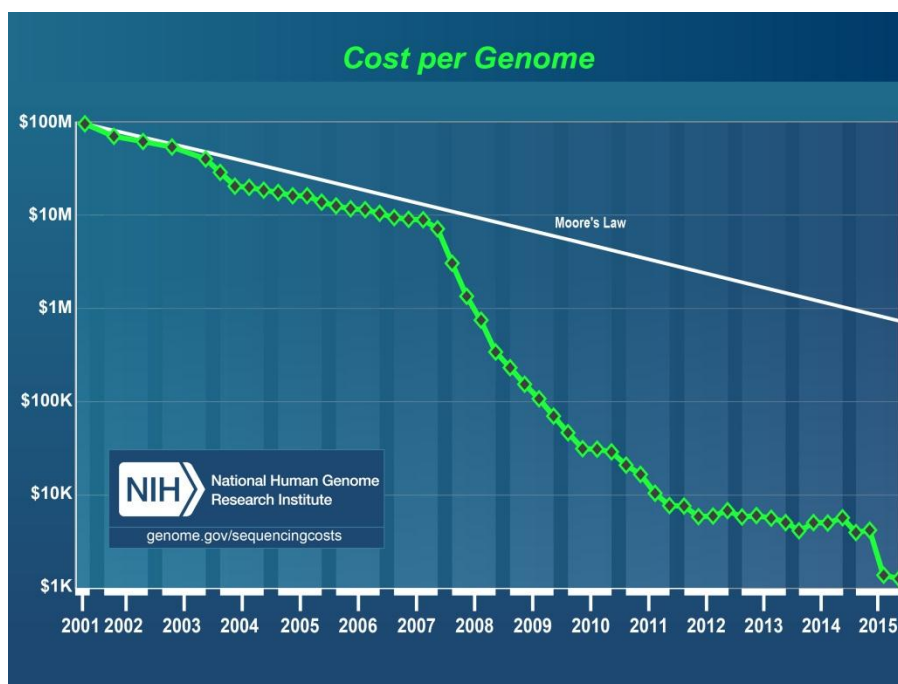


Figura 7 – Queda do custo de levantamento de um genoma humano. Fonte: National Human Genome Research Institute.

Antes de 2003, ano em que foi levantado o primeiro genoma humano completo, já havia indicações do decréscimo do custo com base nos levantamentos de partes do genoma. De 2001 até 2015, o custo caiu por um fator de quase 100 mil, e hoje ele é cerca de US\$1mil por genoma. Em uma década, quando as terapias se tornarão crescentemente gênicas, o médico lhe pedirá o exame convencional de sangue e também o levantamento do seu genoma.

Voltando novamente à Figura 5, aparentemente caminhamos para um momento em que os marcos tecnológicos se acumularão num espaço de tempo essencialmente nulo. Caso isso venha a acontecer, teremos uma singularidade tecnológica, termo que tem sido abreviado por singularidade. John von Neumann foi o primeiro a antever essa singularidade e ponderou que após ela a história humana não mais existirá na forma atual. A singularidade seria uma ruptura da própria história. Desde a invenção do rádio, os bens tecnológicos têm características que pareceriam mágicas a pessoas de tempos tão recentes quanto o século XVIII. Se atingirmos a anunciada singularidade, parecerão mágicas às pessoas ainda vivas. A pessoa acorda e depara com um dispositivo mágico. Talvez este seja o significado da resposta de Kurzweil à pergunta usual comum feita a cientistas:

- Deus existe?
- Não ainda.

A singularidade seria gerada pelo desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA). O termo IA vem sendo empregado para computadores (hardware mais software) capazes de realizar proezas que os fazem assemelhar-se ao cérebro humano, mas tais computadores não são AI no sentido histórico. Alan Turing estabeleceu um critério para se dizer que uma máquina é uma IA. Numa conversa com tal máquina, sem que a possa vê-la, o leitor não seria capaz de dizer se ela é uma máquina ou um humano. Uma IA pensaria tão bem quanto um ser humano inteligente e teria atributos humanos tais como bom senso, capacidade de julgamento, etc. Seria capaz de avaliar a qualidade de um poema ou uma sinfonia, embora incapaz de comover-se com a arte. Só que a terrível máquina faria qualquer operação muito mais rapidamente do que qualquer ser humano. Suponha agora que a IA esteja conectada à internet. Rapidamente ela aprenderá toda a ciência humana e este seria o ponto de partida das suas façanhas. Dominará todas as técnicas de programação de computadores e numa fração de segundo reprogramará seu próprio software, com o que se tornará ainda mais inteligente. Operando com o novo software, projetará outro ainda mais avançado, e após este ainda mais outro, numa sucessão alucinante de avanços. Finalmente, a possibilidade de progresso via software se esgotará. Mas suponha que a IA esteja num robô. Ela iniciará imediatamente a construção de IA com hardware muito mais avançado que o seu, numa nova sucessão de filhos, netos, bisnetos, uma dinastia aterradora. Rapidamente estaremos diante de uma Superinteligência Artificial (SAI), cujo poder terá suplantado o de toda a humanidade. Com essa inteligência medonha, a SAI dominará o mundo e talvez decida extinguir os homens, pois ela tem inteligência, mas não valores de qualquer natureza humana.

Steven Hawking e muitos outros temem que o homem seja extinto dessa maneira. A questão tem sido abordada objetivamente, e já se traçam estratégias de ação nesse campo. Uma IA não poderia, adverte-se, ter capacidade de ação mecânica, ou seja, não pode ser um robô. Talvez não pudesse ter sequer maneiras de se reprogramar, pois com inteligência aumentada via software talvez ela pudesse controlar o mundo. A Revolução Tecnológica é uma aventura cheia de perigos. Há boas razões para se crer que qualquer ser vivo suficientemente inteligente cedo ou tarde acabe se extinguindo pelo efeito da própria inteligência. Estamos evoluindo rumo à nossa extinção?

Estamos próximos de um mundo sem excluídos?

Embora seja claro que a vida das pessoas melhorou enormemente com a Revolução Tecnológica, ainda há um longo caminho a percorrer. Quase 10% das pessoas no mundo vivem em pobreza extrema, com renda de 1,9 dólares por dia, e 10% da população é também composta de analfabetos. Um percentual maior do que esse é composto por analfabetos funcionais, pessoas incapazes de entender um texto. O analfabetismo, completo ou funcional, é uma grande humilhação ao seu portador, pois o exclui da plena cidadania. Um número muito alto das pessoas pertence à classe média baixa e nessa

condição são impossibilitadas de usufruir quase todos os confortos do mundo moderno. A perspectiva é de que até o final do século o analfabetismo seja erradicado, mas provavelmente ainda haverá analfabetos funcionais. Piketty¹¹ considera um cenário de referência para o crescimento do produto per capita em diferentes etapas do século XXI. Com base nas suas previsões, calculamos que o produto per capita se multiplicará por 10 até o final do século. Comparar objetivamente valores de produtos em datas distintas, em um tempo de grande dinamismo tecnológico como o atual, é impossível, pois a maioria dos novos bens produzidos serão de alta tecnologia e seus valores decrescerão enormemente. Em décadas um computador pessoal ou seu sucedâneo poderá custar o mesmo que um quilo de carne. Também os serviços reduzirão muito o seu custo, pois as tarefas mais simples serão todas automatizadas. Mesmo serviços altamente especializados, como os de saúde, sofrerão drásticas reduções de custo, pois a maioria deles será prestada por robôs. Os cirurgiões que se cuidem. Muito possivelmente, Piketty não tenha levado em consideração esses fatos e nesse caso o aumento médio da qualidade de vida das pessoas será muito maior do que o previsto, se é que qualidade de vida possa ser objetivamente quantificável.

No meu ver, Piketty e ainda outros analistas socioeconômicos dão importância excessiva à má distribuição da riqueza, principalmente à existência de possuidores de grandes fortunas. Como já no século XIX apontou Andrew Carnegie, a concentração de fortunas nas mãos de relativamente poucas pessoas pode ser positiva para toda a sociedade, pois os ricos administram esse capital com grande competência, do que resultam benefícios para todos. Um multibilionário despense consigo e sua família não mais do que 0,1% da sua renda, e nesse caso ele é um mero administrador de sua fortuna, tarefa à qual costuma dedicar umas 14 horas por dia. Todo bilionário *self-made* é um workaholic. O que talvez seja mais grave é a péssima distribuição da renda do trabalho, pois ela concentra mais significativamente o consumo de bens e serviços. Educação de excelente qualidade para todos poderá amenizar esse desequilíbrio, mas não o resolverá, pois o talento nato das pessoas é altamente diferenciado. Talento talvez seja o parâmetro com maior variação e dispersão no ser humano. Qualquer pessoa adulta saudável é potencialmente capaz de correr com metade da velocidade de Usain Bolt. Entretanto, em música sei que sou um infinitésimo de Mozart, em poesia um infinitésimo de Dante, em artes plásticas um infinitésimo de Michelangelo, em matemática um infinitésimo de Gauss, em ciência um infinitésimo de Newton, e por aí vai. Sou um infinitésimo de qualquer gênio, em qualquer campo da criação, e o mesmo ocorre com quase qualquer pessoa escolhida ao acaso. Essas disparidades são quase inteiramente de origem genética e insanáveis pela educação, embora esta possa elevar enormemente o nível de todas as pessoas. O talento é o acidente de uma noite, e num mundo meritocrático é a principal causa das diferenças socioeconômicas. Além do mais, se a evolução cultural, incluindo a evolução tecnológica, é um processo evolutivo, para que continuemos avançando é necessário um razoável grau de desigualdade em vários aspectos da sociedade, pois um sistema homogêneo não evolui, pelo menos pelo mecanismo darwiniano de seleção natural. Talvez, o realmente importante seja que todo ser humano tenha condições de usufruir satisfatoriamente os benefícios da civilização. Uma sociedade que tenha excluídos, seja na

dimensão econômica, seja na dimensão cultural, não pode se dizer civilizada. O avanço cultural e tecnológico com certeza criará condições para que a exclusão seja extinta, mas infelizmente nada garante que isso ocorrerá, pois a evolução biológica gerou inteligência, mas não sabedoria. Somente avanços muito significativos da cultura humanística poderão levar a esse mundo de não excluídos.

Nem só de pão vive o homem

O título e o enfoque deste artigo destacam a tecnologia acima das outras realizações da cultura. Mas no processo civilizatório todo aspecto da cultura é relevante. A tecnologia é a maneira como a humanidade usa as leis da natureza para seu benefício. Em particular, usa essas leis para gerar riqueza e prover bem estar físico. Mas isso está longe de atender todos os anseios humanos. Quando o *Homo sapiens* pintou a primeira gazela ou bisão nas lajes de uma caverna, iniciou o processo civilizatório. A arte é essencial ao homem, e assim como a ciência é uma maneira de entender a natureza e si mesmo. Em Chauvet e outras cavernas, há pinturas de constelações de estrelas. A astronomia é a mais antiga das ciências, e Stonehenge é o mais antigo aparato científico conhecido. A ciência e a arte têm valor intrínseco porque satisfazem uma necessidade humana. O uso da ciência para desenvolver tecnologia é importante, mas a ciência não deve buscar sua justificação no eventual uso prático. O céu continua sendo um importante foco da insaciável curiosidade humana. Entender o cosmos é uma das suas antigas obsessões, mas esse entendimento não serve para coisa alguma. E além de entender o cosmos, o homem quer saber a sua origem. Todas as civilizações antigas e hoje todas as tribos indígenas cultivam mitos da criação do mundo.

Essas considerações, e ainda muitas outras, são indispensáveis para que caminhemos no rumo certo na busca do avanço civilizatório. A mente humana deve ser cultivada em toda a sua plenitude. Sem isso, sempre lhe estará faltando algo.

Referências

- 1) Diamond, Jared. *Armas, germes e aço*. Editora Record (2005).
- 2) Mann, Charles C. *1491 – Novas revelações das Américas antes de Colombo*. Editora Objetiva (2007).
- 3) <http://www.socionauki.ru/journal/articles/147541/>
- 4) Angus Maddison, www.theworldeconomy.org/
- 5) Steven Shapin, *The Scientific Revolution*. The University of Chicago Press (1996).
- 6) Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science*, Revised Edition. The Free Press (1957)
- 7) Vanevar Bush. *Science, the Endless Frontier* (1945). <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>
- 8) Donald E. Stokes, *O Quadrante de Pasteur*. Editora Unicamp (2005)

- 9) Eric Gasfriend. futureoflife.org/.../90-of-all-the-scientists-that-ever-lived-are-aliv.
- 10) <https://infogr.am/Share-of-world-GDP-throughout-history>
- 11) Thomas Piketty. O capital no século XXI. Editora Intrínseca LTDA (2014)
- 12) CGEE – Mestres e doutores 2015
https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Mestres_Doutores_2015_Vs3.pdf
- 13) Max Roser, A history of global living conditions in 5 charts (2017) <https://ourworldindata.org/a-history-of-global-living-conditions-in-5-charts/>
- 14) John K. Galbraith, O novo estado industrial. Editora Pioneira 2ª. Edição (1983)
- 15) <https://www.credit-suisse.com/.../global-wealth-in-2015-underlyin>.