INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO NO PÓS-INDUSTRIALISMO^{a,b}

Yuri Chaves Martins^c & Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro^{d}*

^a Os autores dedicam este artigo a Carolina e Mariana Castello Branco Daniel-Ribeiro, Maria Brasil Daniel-Ribeiro e Lara Agatha Martins.

^b Este artigo foi elaborado a partir das apresentações “A informação e o conhecimento”, realizada na Faculdade de Medicina de Petrópolis, durante o Simpósio “A Academia na Serra II”, em 8 de novembro de 2019, e “A progressiva disponibilidade de informação e a evolução do conhecimento na era pós-industrial”, realizada na Academia Nacional de Medicina, em 24 de julho de 2014. Ele foi publicado, de forma mais completa, abordando parte das reflexões e dados apresentados aqui e outros, nas referências 1 e 2 da bibliografia ao fim deste artigo.

^c Membro do Programa Jovem Liderança da Academia Nacional de Medicina (ANM) e Professor Assistente do Departamento de Anestesiologia da Universidade do Arizona, EUA.

^d Acadêmico Titular da ANM, Pesquisador Titular e Chefe de Laboratório do Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ e Criador e Organizador do Simpósio “A Academia na serra”.

*Autor correspondente: Laboratório de Pesquisa em Malária, Instituto Oswaldo Cruz - Fiocruz.
Av. Brasil 4365, Pavilhão Leônidas Deane, 5º andar.
Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Tel/Fax: (21) 3865-8145.
E-mail: malaria@fiocruz.br

RESUMO

O artigo expõe uma reflexão sobre a possibilidade de previsão dos rumos da

ciência na tentativa de apontar ensinamentos indispensáveis para a preparação dos jovens para o futuro. Inicialmente, analisa-se a evolução da disponibilidade de informação e de desenvolvimento de novas tecnologias nos últimos 70 anos, para demonstrar que a produção de conhecimento pela e para a humanidade evoluiu exponencialmente e acelera, praticamente dobrando a cada ano, nas últimas décadas. Como decorrência, os profissionais tendem a se especializar cada vez mais para lidar com a realidade. Tal hiperespecialização, por sua vez, torna cada vez mais difícil determinar as possíveis interações entre os diversos campos da ciência. Também se discute o papel do acaso na evolução do conhecimento, propondo que, como um todo, a ciência evoluciona como um sistema caótico e que, por isso, possui dependência hipersensível de suas condições iniciais. Por conseguinte, previsões de longo prazo sobre os seus possíveis rumos não são possíveis. Conclui-se que devemos ensinar as futuras gerações a aprender, estimulando-os à inter e transdisciplinaridade e ao estudo, aprendizado e conhecimento do básico sobre

a diversidade possível de áreas facultando o diálogo e a interação com outros especialistas do futuro.

Palavras-chave

Disponibilidade de informação, evolução do conhecimento, perspectivas, desenvolvimento, ciência e tecnologia

ABSTRACT

The article presents a reflection on the possibility of predicting the direction of science in an attempt to point out indispensable lessons for preparing young people for the future. Initially, the evolution of the information availability and the development of new technologies in the last 70 years is analyzed to demonstrate that the production of knowledge by and for humanity has evolved exponentially and accelerate, practically doubling every year, in the last decades. As a result, specialization increases to deal with reality. Such hyper specialization, in turn, makes it increasingly difficult to determine the possible interactions between the different fields of science. The role of chance in the evolution of knowledge is also discussed, proposing that science evolves as a chaotic system and, therefore, has hypersensitive dependence on its initial conditions. Therefore, long-term predictions about its possible course are not possible. The

article concludes that we must teach future generations to learn, encouraging them to inter and trans disciplinary and to the study, learning and knowledge of the basic concepts on the maximum possible diversity of areas, creating conditions for the dialogue and interaction with other specialists of the future.

Keywords

Information availability, evolution of knowledge, perspectives, development, science and technology

No ano 2000 o Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro organizou um Simpósio, bastante interessante, chamado “Perspectivas da Ciência no Terceiro Milênio”. Dirigentes, professores e estudantes da UFRJ e representantes de instituições de fomento à pesquisa, além da SBPC compunham a variada audiência. Darci Fontoura, um dos organizadores, marcou um de nós (CTDR) com a sua inteligência criativa, engraçada e irreverente, com um comentário: “Olha, estamos falando de “Perspectivas” no início do primeiro de dez séculos do Terceiro Milênio, com o desafio de tentar diagnosticar expectativas para os mil anos vindouros... acho que cabe a prudência... vamos adotar a postura do Nostradamus, que só fez profecias para

quando já estaria morto”. Parece sábio falar de previsões e perspectivas, sob essa ótica...

Tal prudência contaminou um artigo que publicamos seis anos depois, e iniciamos este, também inspirados pelo professor Fontoura, com a seguinte reflexão: “Pode-se revelar insensato fazer previsões sobre o desenvolvimento da ciência, a direção que vai tomar, os resultados que dela se pode esperar e o tempo necessário para que objetivos, mesmo que alguns ainda se assemelhem a sonhos, sejam atingidos. De fato, com um volume de produtos decorrentes do avanço científico e desenvolvimento tecnológico que afetaram diretamente nossas vidas na última década, corremos o risco de, ao ensaiarmos diagnósticos e perspectivas, produzirmos apenas profecias que não se revelarão verdadeiras”.

Uma ilustração dessa reflexão pode ser feita com a citação do artigo de Nobuko Yoshida publicado na Science em 1980 por um grupo liderado pelo casal de brasileiros Ruth e Victor Nussenzweig. Um anticorpo monoclonal contra um plasmódio de roedores era capaz de prevenir a malária em camundongos, se injetado antes da infecção de prova. A partir daí, identificou-se e obteve-se a molécula que se acredita ser não só indutora de proteção pelo parasito vivo, como alvo da resposta imune gerada por uma vacina que pretende estar no mercado proxima-mente. A vacina protege contra a malária, e poderia diminuir a mortalidade pela doença

em 35 a 50%. O trabalho e artigo de Yoshida et al. eram uma novidade tão importante na época que, quando CTDR voltou de seu Doutorado no exterior para o Brasil, no início dos anos 1980, um colega imunologista perguntou: “você vai trabalhar em que, no Brasil?”. À resposta “Pretendo construir uma linha de pesquisa em malária”; ele retrucou: “Mas malária?! Malária já tem vacina, em 10 anos acabou... não vai ter mais malária no mundo”. Isso foi há 40 anos... e a vacina segue, ainda hoje, em teste em humanos. Não fica claro que tentar diagnosticar a direção do vetor na análise da evolução da ciência pode se revelar um exercício de futurologia malsucedida?

Outra ilustração bastante caricata pode ser feita com uma citação de Thomas Edison, famoso pela invenção da lâmpada e do fonógrafo. Edison já era razoavelmente célebre quando teve a ideia graciosa de dizer, em 1891: “Muito pouco falta para ser inventado”. Charles Duell foi um pouquinho mais longe. Chefe do escritório de patentes dos Estados Unidos, Duell propôs o fechamento do escritório na mesma época, dizendo: “Tudo o que é importante já foi inventado”. Lógico que tudo o que conseguiram foi uma reação discreta de polido escárnio de seus contemporâneos, que, na verdade, viviam uma época de grande impacto de descobertas na vida cotidiana. A locomotiva, o transatlântico, a anestesia, o telefone, a eletricidade, o motor à combustão, o telégrafo... e isso

em uma época profundamente influenciada pelo pensamento de homens do quilate de Charles Darwin, Karl Marx, Louis Pasteur e Sigmund Freud. Há quem ache, inclusive, que o século XIX foi mais produtivo e importante do que o XX. Contudo, a verdade é que a ciência não para de evoluir e cada uma dessas épocas foi marcada por descobertas de grande impacto.

Muito mais comedido foi Sêneca, que viveu no primeiro século da Era Cristã. Ao contrário de Edison e Duell, Sêneca ponderou que: “Tempo virá em que uma pesquisa diligente e contínua esclarecerá aspectos que agora permanecem escondidos. Muitas descobertas estão reservadas para os que virão, quando a lembrança de nós estará apagada. A natureza não revela seus mistérios de uma só vez”.

Jean Paul Jacob, brasileiro que trabalhou na IBM, quando entrevistado, há mais de uma década, nas páginas amarelas da *Veja* diria: “Isso tudo (projeções holográficas, chips quânticos, internet como inconsciente coletivo da nossa civilização) é especulação, o que se pode fazer é tentar analisar as tecnologias atuais e olhar para o futuro delas e onde estarão em, no máximo, um ano – mais do que isso é especulação”.

Quando examinamos hoje o que Jules Verne escreveu em seus livros no Século XIX, podemos considerar que se foi o tempo em que tais antevisões proféticas eram possíveis... Com 103 anos de antecedência, Verne

previu a forma e as dimensões da Apollo 8, a viagem circum-lunar, o retorno, a amerissagem no oceano, o resgate por um navio de guerra, a população de três astronautas. É tão impressionante, que se pode ponderar que não foram prenúncios, mas pensamentos tão sensatos cientificamente que serviram de inspiração e modelo ao desenvolvimento tecnológico no futuro de sua época... ou seja, a NASA copiou Verne.

Plagiando JP Jacob, pode-se dizer que é possível prognosticar o futuro do desenvolvimento de um ramo da ciência em um curto espaço de tempo olhando para a direção em que seu vetor está apontando. Mas é verdade que existem imprevistos, insights mais geniais que a média e que são de difícil previsão. Exemplos são a Reação de Polimerase em Cadeia (a famosa PCR, que todos hoje conhecem por causa de seu uso no diagnóstico da Covid-19), os ensaios de microarranjos, o citrato de sildenafil (o Viagra) e os trabalhos de Miguel Nicolelis e sua proposta de interface cérebro-máquina. Essas ideias inovadoras, que vemos surgir de vez em quando de forma imprevista na ciência, geram descobertas que surpreendem o mundo.

Outro exemplo de ilustração dessas novidades que “atropelam” o ritmo do desenvolvimento científico pode ser dado com o diagnóstico da malária. Sabemos, desde o século XIX, diagnosticar a infecção pelo *Plasmodium* examinando uma gota de sangue em uma lâmina de vidro corada ao

microscópio. Depois aprendemos a fazer diagnóstico soroiológico buscando anticorpos no soro de pacientes, a usar testes rápidos – que detectam antígenos em uma gotinha de sangue – e métodos moleculares com alta sensibilidade e, infelizmente, custo alto, para detectar o DNA do parasito em microvolumes de sangue. Um método descrito em 2014 dispensa a coleta de sangue para o diagnóstico da doença! O método usa o estímulo luminoso gerado pela incidência de um feixe de raios laser na ponta do dedo para excitar as nanopartículas de hemozoína – um produto do catabolismo da hemoglobina pelo parasito, só presente em indivíduos infectados – formando uma Nano-bolha cuja “explosão” é detectada por um receptor de som. O método terá, evidentemente, que se mostrar rápido e barato, para ser mais do que uma ideia genial e curiosa, mas vocês imaginam o tempo ganho e o sofrimento evitado fazendo-se o diagnóstico de malária só com a incidência de uma luzinha na pontinha do dedo de uma fila de criancinhas?

Nelson Vaz é um imunologista brasileiro e pensador inteligente e criativo. Com Ana Maria Faria, Vaz escreveu o livro “Guia Incompleto da Imunobiologia”. No livro, há um gráfico mostrando os diferentes prêmios Nobel em Imunologia e Fisiologia e Medicina atribuídos no século passado e a lacuna de Prêmios na especialidade entre 1930 (a Karl Landsteiner) e 1960 (a Frank MacFarlane Burnet). Descontados os anos sem Prêmios

durante a II Grande Guerra, parece que, durante algumas décadas, faltaram conhecimentos para que a Imunologia avançasse o suficiente para que novos Prêmios Nobel fossem a ela conferidos. De fato, novas descobertas surgidas ao fim desse período parecem ter alavancado a disciplina: a demonstração dos papéis imunológicos da bursa de Fabricius e do timo como órgãos linfóides primários responsáveis pelos amadurecimento e diferenciação dos linfócitos B e T em 1956 e 1961; a proposição da Teoria de Seleção Clonal em 1959; e a descoberta da função dos linfócitos em 1962. Tais descobertas permitiram enormes avanços no conhecimento da fisiologia dos sistema e resposta imune. Uma curva do número de páginas do *Journal of Immunology*, a revista da Sociedade Americana de Imunologia, a mais antiga no mundo, mostra um aumento repentino e brutal a partir do início dos anos 1960, indicando importante incremento do conhecimento a partir dessa época. Tais dados sugerem que existe uma dependência de alguns conhecimentos para que novos sejam produzidos. Eles nos remetem a uma reflexão: se tivéssemos que recomeçar do zero, a partir das primeiras machadinhas, e reproduzir toda a nossa trajetória no planeta produzindo conhecimento e desenvolvendo tecnologias, em uma sequência cronológica que certamente não seria a mesma, teríamos produzido os mesmos conhecimentos e chegado ao mesmo estado de desenvolvimento científico e tecnológico?

Para entendermos a dificuldade de fazermos previsões quando o que está em pauta é a direção da ciência, temos que considerar o aumento exponencial do conhecimento, a consequente hiperespecialização das ciências, a impossibilidade de se prever as interações entre essas hiperespecialidades, um conceito da teoria do caos conhecido como “Dependência hipersensível das condições iniciais” e a imprevisibilidade dos sistemas caóticos.

Avaliar a velocidade vertiginosa da geração de conhecimentos requer um olhar para o tempo em que ela ocorreu. A agricultura precisou de 10 mil anos para produzir a sociedade industrial. Na sociedade industrial – época de grande preocupação do homem com a eficiência – a ambição humana era produzir a maior quantidade de coisas no menor tempo possível, tanto que ela demorou só 200 anos para produzir a sociedade pós-industrial (podíamos falar também da “Era Pós-Moderna”, na verdade a era pós II Guerra).

Como é lugar comum dizer-se que a era Pós-Industrial é a era da informação e do conhecimento, é importante diferenciar uma coisa da outra. As coordenadas de um navio ou o mapa do oceano são informações; elas podem estar em um disquete de computador, em um livro, em um mapa rodoviário. Informação é indispensável para gerar o conhecimento. Conhecimento é informação aplicada. Eu posso emprestar um livro, fornecer um banco de dados a alguém, mas não posso

passar o meu conhecimento a outro indivíduo. Piaget, o pai do Construtivismo dizia: “cada um constrói seu próprio conhecimento utilizando informações em um processo individual que não pode ser transferido em todos os seus detalhes e complexidades para outra pessoa”. Ainda segundo ele, a formação do conhecimento envolveria dois componentes: o significado e o elo afetivo, necessários para os aprendizado e ensino. O significado porque o cérebro tende a refutar aquilo que não parece útil ou importante, e o elo afetivo porque aprendemos mais facilmente aquilo de que ou com quem gostamos.

Nos anos 70, Alvin Toffler escreveu o livro “*Future shock*” e achou por bem ilustrar a velocidade da produção de informação dividindo os últimos 50 mil anos da história humana em 800 gerações de 62 anos. Não podemos esquecer que, desde a Pré-História até a Idade Média o homem vivia em torno de 20 anos e que, hoje, a expectativa de vida no Brasil – um país medianamente industrializado – é de 75.46 anos, e é no Japão de 84.1. O cálculo de Toffler é, portanto, uma aproximação bastante grande, mas vamos em frente. Dessas 800 gerações, cerca de 650 teriam se passado dentro das cavernas. Somente há seis ou sete gerações a maior parte da população teve acesso a algum documento escrito. Há quatro se passou a medir o tempo de forma precisa. O motor elétrico tem pouco mais de duas gerações e tudo que usamos hoje foi desenvolvido na octogen-

tésima geração e na precedente. No livro *“A Timetable of Inventions and Discoveries: From Pre-History to Present Day”*, Kevin Desmond diz que todo o volume de conhecimento produzido até o primeiro ano da era cristã dobrou até a Revolução Industrial em 1750, depois dobrou em 150 anos, depois de novo em 50 e depois em 10 anos. Ele quadruplicou nas duas décadas que precederam o desenvolvimento do computador e considera-se razoável pensar que ele se quadruplique hoje a cada 5 anos – o que é muito próximo de dobrar a cada ano... Talvez passado o primeiro quinto do primeiro século do terceiro milênio, essa avaliação esteja ultrapassada...

Leopoldo de Meis, Membro honorário da ANM (1938-2014), analisa a evolução do conhecimento de outras formas em seu livro *“Ciência, educação e o conflito humano-tecnológico”*. A primeira medindo a velocidade com a qual o homem se deslocou através dos tempos. Durante a maior parte de sua estadia na terra o homem se deslocou a pé, dependendo unicamente de sua força física para carregar com as mãos o que precisava transportar para a sua sobrevivência. Embora haja estimativas de que ele pudesse correr a velocidades superiores a dos atuais recordistas de velocidade, essas eram certamente mantidas unicamente por um curto espaço de tempo e, assim, devemos considerar aqui a velocidade média da marcha humana que é de 5 a 6,5 km/h. Parece haver registros

de rodas atreladas a estruturas semelhantes a “carros” há 4 mil anos. As bigas com as quais Tutancâmon brigou com os asiáticos, 1.300 anos antes de Cristo, eram capazes de alcançar mais ou menos a mesma velocidade que as diligências do início do século XIX, que não eram muito mais lentas que as locomotivas criadas pouco tempo depois, que tampouco eram mais rápidas do que um cavalo, montado, a galope. Exatamente 132 anos depois do advento das locomotivas, foi lançado o Sputnik a 26.200 Km/h e, trinta e poucos anos depois, a sonda Galileu em direção à Júpiter, que viajou por seis anos a 70.000 Km/h e lançou uma sonda a 170.000 Km/h em direção a Júpiter. Hoje qualquer foguete lançado pode viajar a uma velocidade aproximada de 20.000 Km/h. O outro aspecto evocado por de Meis diz respeito à expectativa de vida e a população do planeta. No ano 0, tínhamos uma população de 300 milhões de indivíduos e uma idade média de 20 anos. Em 1.800 anos, a população, foi multiplicada por três e passou a ter uma expectativa de vida de 30/40 anos. A população mundial ultrapassa hoje os 7,8 bilhões de pessoas, mas, no início do milênio, tínhamos uma população de 6 bilhões... ou seja, ela levou 18 séculos para triplicar e sextuplicou em mais ou menos dois! É provável que prolongaremos de muito a expectativa de vida do *H. sapiens* com manipulações genéticas, como já fazemos com *Drosophilas* e helmintos, ao longo do presente século.

A evolução da produção do conhecimento pode, por fim, ser aferida pelo registro das publicações científicas que o homem vem fazendo. A Federação Internacional de Biologistas estima que haja 3,5 milhões de biólogos no mundo. A produção é de 50 milhões de artigos, 20 milhões no PubMed. A produção em 2009 foi de 680 mil artigos no PubMed; a de 2019 foi 1.223.995, quase o dobro. Segundo de Meis, para 20 milhões de cientistas no ano 2000 havia 1 milhão de artigos publicados; um artigo para cada 20 cientistas (5%). Em 2014 uma publicação na Plos One afirma que cerca de 1% dos (15 milhões) de cientistas monitorados entre 1996 a 2011 produziu pelo menos um artigo (de forma contínua e ininterrupta) por ano no período e que esse pequeno núcleo e contingente de cientistas, muito mais citado do que os outros, é responsável por cerca de 42% de todas as publicações e de 82% dos artigos com mais de 1.000 citações no período. Em 2018, a *International Association of Scientific, Technical and Medical Publishers (STM)* estimou, em uma nota técnica, que havia em torno de 33.100 jornais científicos na língua inglesa e 9.400 em outras línguas até o meio de 2018 publicando em torno de 3 milhões de artigos naquele ano. Um ponto importante discutido pelos autores é que eles não acreditam que, na escala global, cientistas estejam praticando “*Salami science*”, prática que consiste em dividir a publicação dos resultados no maior número possível de

artigos científicos. Eles argumentam que, se esse fosse o caso, veríamos um maior número de artigos por autor o que não é validado pelos dados empíricos. Eles notam que a produtividade anual de cada autor passou de 1 em 1950 para 0.75 em 2000. O que estaria acontecendo, na verdade, é um aumento no número médio de autores por artigo, que passou de 1.8 em 1950 para 3.98 em 2000. Os autores concluem que cada autor pode considerar que publicou um maior número de artigos, mas, coletivamente, não estão produzindo mais.

O rádio demorou 38 anos para ter 50 milhões de usuários; o telefone, 20 anos; a televisão, 3 anos; a internet, 4; o Facebook, 3,6 e o Google levou 88 dias para atingir a marca. As redes sociais são mais populares que a pornografia. É quase impensável que 1 em cada 8 casais americanos se conheceu através da internet e que se o Facebook fosse um país, seria o terceiro país mais populoso do mundo. Em 2007, quando o iPhone foi lançado, a Apple vendeu 1,37 milhão de aparelhos, em 2015 foram 231 milhões e se estima que haja hoje 730 milhões deles em uso no planeta.

Todos esses exemplos indicam que a velocidade de produção de informação da nossa espécie cresceu vertiginosamente nos últimos anos. Esse volume de informação é tão grande que gera estresse, já que somos, a todo momento, desafiados pela tarefa de selecionar o que é importante para lidarmos

melhor com os desafios que enfrentaremos no futuro. Uma das maneiras que a sociedade lida com esse problema é através da hiperespecialização. Podemos dar como exemplo o caso da área médica. Segundo dados do CRM, nos anos 60, 70% do total dos médicos atuava nas chamadas áreas clínicas básicas (clínica geral, cirurgia geral, pediatria e ginecologia-obstetrícia) sendo 39% de clínica geral. Em 1980 esse percentual diminuiu para 37,5% e, no ano 2001, para 31,4%. Considerando que uma especialidade passa a existir no momento em que conta com, pelo menos, um programa de residência médica, segundo Bevilacqua & Sampaio, em 1982 existiam 39 especialidades médicas no Brasil e esse número era de 49 em 2001. Reportando-nos às resoluções do Conselho Federal de Medicina sobre a Comissão Mista de Especialidades, que reconhece as especialidades médicas e suas áreas de atuação, vemos que a resolução n. 1.634/2002 reconhece cinquenta especialidades, a n. 1.666/2003 regularizava 52 delas, na n. 1.785/2006 já estão discriminadas 53, a n. 2.149/2016 determina 54 e a n. 2.221/2018 determina 55 que permanecem até hoje.

O texto abaixo, do livro “Acaso e Caos” de David Ruelle, descreve três conceitos importantes: o utensílio, a ferramenta e o perfil do cientista de hoje: “...por razões de eficiência, o pesquisador... físico ou médico, utiliza instrumentos cujo funcionamento não compreende. A ciência é universal, mas seus

servidores são muito especializados, e seus interesses, não raro, limitados. Sem contestação, o quadro intelectual e social da pesquisa mudou muito desde suas origens. Aqueles que faziam ciência chamavam-se então filósofos, em vez de pesquisadores, e tentavam obter uma compreensão global do mundo em que estamos, uma visão sintética da natureza das coisas. É característico que o grande Newton tenha dividido seus esforços entre as matemáticas, a física, a alquimia, a teologia e o estudo da história relativamente às profecias. Teremos, então, abandonado a busca filosófica que deu origem às ciências?” Pensamos que não, mas fazemos isso, agora, de outra forma; através da inter- e da transdisciplinaridade. A hiperespecialização não é mais um processo reversível posto que, hoje, produzimos conhecimento tecendo teias de informações e, cada grupo de especialistas tece um fio ou uma parte da teia de uma natureza ou com uma informação específica. Desta forma, não teremos, provavelmente, mais a figura dos grandes generalistas, como foram os médicos Deolindo Couto e Samuel Pessoa. Ainda assim, devemos incentivar nossos alunos a ter uma visão tão geral quanto possível do conhecimento. É comum, nas nossas pós-graduações, alunos que não assistem a seminários, às vezes, de seu próprio colega e vizinho de bancada, e se limitam a participar dos de seu tema de estudo que utilizam a abordagem que lhes é familiar. Isso evidentemente é uma ameaça grande para a inter

e transdisciplinalidade hoje requerida para o surgimento de ideias criativas e o avanço do conhecimento.

O acaso também pode ser um determinante para o avanço da produção do conhecimento e da história da ciência. O inventor do microscópio era um dono de “armarinho” semianalfabeto que juntou um conjunto de lentes e com elas examinou gotinhas de água de um receptáculo que havia ficado do lado de fora, na chuva, e observou a presença de animálculos “nadando” na amostra. Depois observou organismos semelhantes ao examinar a raspa de sua placa dentária, dando início, desse modo, ao que se tornaria, muito tempo depois, a teoria microbiana. Lady Montagu, esposa do embaixador britânico na Turquia, ao ter a ideia de trazer o processo de varíola para o ocidente, não previu, provavelmente, que isso seria o primeiro passo para que surgisse a vacinação e a posterior erradicação da varíola humana nos anos 70.

A produção de ciência é um sistema caótico, porque possui a característica de hipersensibilidade das condições iniciais. O sistema meteorológico e os movimentos das partículas de um gás são outros exemplos de sistemas caóticos. Essa dependência hipersensível faz com que pequenas modificações nas condições iniciais causem grandes alterações com o tempo que resultam em desvios significativos no resultado final. Essa característica dos sistemas caóticos foi demonstrada por Poincaré em 1908 e é mais conhecida

como o efeito borboleta de Lawrence, um meteorologista que disse que “uma coisa muito pequena, que nos escapa, determina um efeito considerável que não podemos deixar de ver e então dizemos que esse efeito se deve ao acaso”. Desse modo o bater de asas de uma borboleta em um lugar determinado poderia causar um tufão em outro. Um exemplo muito interessante, que recomendamos a todos, é o filme alemão “Corra, Lola, Corra!”, que narra a história da filha de um banqueiro, cujo namorado, Manni, coletor de pagamentos de uma quadrilha de contrabandistas, esquece um pacote com 100 mil marcos dentro do metrô. Manni tem 20 minutos para recuperar o dinheiro. O filme conta o desespero de ambos em três episódios de praticamente 20 minutos cada um com três finais diferentes decorrentes da pequena mudança no início da aventura quando Lola sai de casa para ajudar o namorado. Na escada do seu prédio, um homem mal-encarado com um cachorro pitbull provoca reações de Lola diferentes em cada versão da história. É uma ilustração bastante caricata, embora um pouco anedótica, e bem precisa do que poderia ilustrar a dependência hipersensível das condições iniciais.

Se, pelas razões acima, os rumos da ciência são imprevisíveis, o que ensinar às gerações futuras? A que competências os preparar? Podemos provavelmente abrir mão de alguns conhecimentos. Não se ensina mais latim nas escolas para melhor entendermos

o português. Talvez não faça mais sentido ensinar aritmética, quando maquininhas de calcular integram qualquer telefone celular hoje, e estavam à venda, em cada esquina ao final dos anos 70, quando um Professor parisiense de clínica médica fez esta ponderação a um de nós (CTDR). Outro exemplo vem de uma conversa de uma doutoranda com seu orientador ao fim dos anos 90. CTDR e ela checavam dados recém obtidos e ele pegou a caneta para fazer um Teste Qui-quadrado de Pearson. A doutoranda olhou para ele como se fosse o último dos tiranossauros Rex, e disse: “Mas à mão? Tem um programinha no computador para fazer isso”. Ao que ele respondeu: – Mas e se faltar luz?! O condicionamento e sujeição da produção de conhecimento a processos – que não conhecemos completamente – nos coloca em uma posição de dependência completa de nossa cultura. Essa talvez seja, na verdade, a característica maior do *Homo sapiens*.

Existiriam ensinamentos indispensáveis no meio dessa sopa de tantas informações? O irreverente Darcy Ribeiro argumentava que se tivéssemos que repovoar o mundo após uma hecatombe Nuclear era melhor que isso fosse feito com 1000 feirantes do que com 1000 PhDs. Ele dizia que os preferiria porque sabem um pouquinho de uma porção de coisas e os PhDs sabem muito sobre uma coisa só e ficam repensando aquela descoberta o tempo todo. Talvez seja uma visão injusta dos cientistas, mas nos incita a pensar que

precisamos dos que sabem plantar mandioca, fabricar sabão ou tijolos, consertar panelas ou levantar paredes, tanto quanto de neurocirurgiões, engenheiros florestais, analistas de sistemas e construtores de robôs. No caso de um desastre nuclear, de fato, acontecer ou se o aquecimento global vingar no seu pior cenário, devemos ter um manual dos sobreviventes, porque se o mundo não tiver que recomeçar do zero, o mundo terá a cara do que os que restarem souberem fazer. Esperemos que os Acadêmicos Omar, Rezende e Monica Gadelha saibam fazer sabonete, nitroglicerina e lentes de aumento.

CONCLUSÕES

É fundamental que preparemos nossos alunos para um futuro com autonomia ensinando-os a perguntar e a aprender. Tal aprendizado os aparelhará para lidar com o mundo em crescente mudança e no qual os empregos do futuro podem não ter sido inventados ainda. Capacitemos nossos jovens ao pensamento crítico, estimulando-os às inter e transdisciplinaridade e ao estudo, aprendizado e conhecimento do básico sobre a diversidade possível de áreas facultando o diálogo e a interação com outros especialistas do futuro. Sobre a aleatoriedade da função do ensino, em um cenário tão rapidamente mutável ao longo do tempo, cabe uma homenagem a JP Sartre, autor de “Os Dados

estão Lançados”, um belo romance escrito durante a II Guerra. Se educar e ensinar é jogar dados, o que podemos pretender é conseguir jogá-los em lugares onde os possamos ver e esperar que a variação de aprendizado decorra das variedades de aptidões individuais de aprendizado dos indivíduos e não dos desvios simplificadores e inaceitáveis que estivemos dando aos métodos eficazes e comprometidos de ensino.

AGRADECIMENTOS

CTDR é bolsista de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Cientista do Nosso Estado da Fundação Carlos Chagas Filho de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj). O Laboratório de Pesquisa em Malária é um Laboratório Associado do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em NeuroImunoModulação (INCT-NIM) e da Rede de Neuroinflamação da Faperj.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não ter nenhum conflito de interesse

LEITURA RECOMENDADA

1. Daniel-Ribeiro CT, Martins YC. Disponibilidade de informações, evolução do conhecimento e imprevisibilidade da ciência. *Neurociências*. 2006;3(4):209 - 22.
2. Daniel-Ribeiro CT, Martins YC. *Imagens, micróbios e espelhos: os sistemas imune e nervoso e nossa relação com o ambiente*. Rio de Janeiro: Editora Fio-cruz; 2017. 336 p.
3. Yoshida N, Nussenzweig RS, Potocnjak P, Nussenzweig V, Aikawa M. Hybridoma produces protective antibodies directed against the sporozoite stage of malaria parasite. *Science*. 1980;207(4426):71-3.
4. Lukianova-Hleb EY, Campbell KM, Constantinou PE, Braam J, Olson JS, Ware RE, et al. Hemozoin-generated vapor nanobubbles for transdermal reagent- and needle-free detection of malaria. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014;111(3):900-5.
5. Toffler A. *Future Shock*. New York: Bantam Books; 1970. 576 p.
6. Desmond K. *A Timetable of Inventions and Discoveries*. New York: M. Evans & Co. Inc.; 1986.
7. de Meis L. *Ciência, educação e o conflito humano-tecnológico*. São Paulo: Editora Senac; 2002.

8. Ioannidis JP, Boyack KW, Klavans R. Estimates of the continuously publishing core in the scientific workforce. PLoS One. 2014;9(7):e101698.
9. Johnson R, Watkinson A, Mabe M. The STM Report: An overview of scientific and scholarly publishing. The Netherlands: International Association of Scientific, Technical and Medical Publishers; 2018.
10. Bevilacqua RG, Sampaio SAP. As especializações: histórico e projeções. In: Negri B, Faria R, Viana A, editors. Recursos Humanos em Saúde: política, desenvolvimento e mercado de trabalho. Campinas: Editora Unicamp; 2002.
11. Conselho Federal de Medicina. RESOLUÇÃO CFM Nº 2.221/2018. Diário Oficial da União. 24 Jan 2019;Sect. 1.
12. de Matos, M. 17/02/2010. Qual é a velocidade de um foguete? Disponível em <https://dobraespacial.com.br/espaco/qual-a-velocidade-de-um-foguete>, acessado em 22/10/2020
13. McAllister, P. Manthropology: The Science of Why the Modern Male Is Not the Man He Used to Be. New York: St. Martin's Publishing Group; 2010. 336p.