

SUMÁRIO

Este é o décimo de uma série de 10 fascículos temáticos que compõem o livro *FAPESP 60 anos: Ciência, cultura e desenvolvimento*, em comemoração ao aniversário de seis décadas da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Para ver o conteúdo completo do projeto, aponte a câmera do seu celular para o Código QR abaixo, ou acesse diretamente 60anos.fapesp.br/livro



Ciência e inovação na construção do futuro	2
[ARTIGO] Luiz Davidovich	
Transição verde e transição digital	6
Novos critérios para novos desafios da ciência	22
Virá que eu vi: pensamentos, sem certeza, sobre o futuro	36
[ARTIGO] Lilia Moritz Shwarcz	
O tecido do conhecimento	40

CIÊNCIA E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO FUTURO



Luiz Davidovich | Físico, é professor emérito da UFRJ e presidente da Academia Brasileira de Ciência

O aniversário de 60 anos da FAPESP motiva uma reflexão sobre o futuro da ciência e da inovação no Brasil, num olhar que deve considerar as oportunidades oferecidas pelo estado atual da ciência e da estrutura institucional do país e pelas características do território nacional. Mas é preciso também apontar os óbices que entravam o seu desenvolvimento.

O Brasil tem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo; biomas que contêm entre 15% e 20% da biodiversidade mundial; cerca de 12% do montante mundial dos recursos hídricos; um clima que permite o aproveitamento das energias solar e eólica; recursos minerais fundamentais para o setor industrial; uma rede de universidades e de outras instituições públicas responsável por cerca de 95% da pesquisa realizada

no país; estrutura de financiamento consolidada ao longo de décadas, envolvendo o CNPq, a Capes, a Finep e as FAPs; uma interação entre empresas e a academia que tem contribuído para a economia e o protagonismo internacional do país, com destaque de empresas públicas e privadas no cenário mundial.

Entretanto, o Brasil tem apenas cerca de 900 pesquisadores por milhão de habitantes, enquanto países da OCDE têm, em média, 4 mil por milhão. Esse déficit deve-se, em grande parte, à precária escolaridade dos brasileiros: apenas 20% da população entre 25 e 64 anos tem ensino superior e, atualmente, só 16% dos egressos do ensino superior se graduam em áreas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática. Pobreza e desigualdade social e regional inibem o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e reduzem o contingente populacional capaz de contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico. Recursos precários para ciência, tecnologia e inovação (CTI), muito inferiores aos dos países desenvolvidos ou mesmo de países em desenvolvimento, com reduzida participação do Estado e baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento de empresas instaladas no Brasil, prejudicam o desenvolvimento econômico sustentável.

A burocracia desencoraja decisões necessárias na execução de projetos e prejudica o sistema de avaliação e a implementação de programas inovadores, cenário agravado por avaliações que enfatizam mais os meios que os resultados do investimento. A agenda econômica menospreza o papel da ciência e da inovação no desenvolvimento nacional. Esses óbices impactam a competitividade do país: o Brasil ocupa

a 57ª posição no índice global de inovação e a 71ª posição em competitividade, apesar de estar, considerando a paridade de poder de compra, entre as dez maiores economias do mundo. Por fim, o precário conhecimento da população em relação à ciência e ao seu papel no desenvolvimento inibe um pacto social que priorize o investimento em CTI.

Por outro lado, o mundo passa por um processo acelerado de revolução científica e tecnológica. A tecnologia de intervenção no DNA possibilita a cura de doenças antes consideradas intratáveis, e a inteligência artificial já está presente em diversos processos, na busca por novos materiais e novos medicamentos, no diagnóstico de doenças, na agricultura, nos veículos automotores. A análise de grandes quantidades de dados — “big data” — torna-se imprescindível para estudar as mudanças climáticas, o armazenamento de dados da biodiversidade, o manejo de solos na agricultura e o acompanhamento de dados econômicos. O Brasil não pode permanecer na posição de espectador dessa grande revolução que molda o futuro da civilização humana.

A ciência e a inovação nacionais precisam alcançar um novo patamar. A honrosa 13ª posição na produção científica global deve ser acompanhada de liderança científica em diversas áreas, através de contribuições pioneiras e marcantes ao avanço do conhecimento ou via aplicações que levem a inovações disruptivas. O Brasil tem que ser proativo na formatação de sua agenda de pesquisa. As agências de financiamento precisam ter um papel relevante no incentivo à pesquisa movida por perguntas fundamentais e à inovação nas indústrias, através de projetos mobilizadores que incluam o apoio à pesquisa orientada à missão. A agenda

econômica deve colocar a ciência e a inovação no centro do processo de desenvolvimento, de modo a que os recursos para P&D alcancem, em prazo curto, 2% do PIB nacional.

Entre as áreas prioritárias, destacam-se a bioeconomia, incluindo o uso sustentável da biodiversidade e o incentivo a serviços ambientais com preservação dos biomas nacionais; a ampliação da participação de energias limpas na matriz energética nacional; a plena inserção do país na economia digital, com apoio a programas focados na inteligência artificial e na ciência intensiva de dados; a promoção da inovação disruptiva na saúde, visando a novas tecnologias, novos medicamentos e vacinas; e o desenvolvimento de nanotecnologias em suas diversas áreas de aplicação. As ciências humanas e sociais têm papel fundamental para a compreensão do estado atual da sociedade brasileira e a construção de políticas públicas eficientes no enfrentamento de problemas sociais e ambientais. E o Brasil precisa de uma revolução na educação em todos os níveis, com investimento na qualificação dos professores, incentivo ao aprendizado de ciência desde o ensino fundamental, e modernização de programas e currículos, com foco na criatividade e no empreendedorismo.

São grandes os desafios. Mas ainda é possível transformar o Brasil em protagonista global na área de ciência, tecnologia e inovação, através de políticas públicas arrojadas, lastreadas na abrangente estrutura institucional da ciência nacional e no cabedal de conhecimento nas instituições de ciência e tecnologia, consolidado ao longo de décadas. O olhar para o futuro do país, considerando os grandes avanços da ciência e da inovação no cenário mundial, indica que, nessa área, não basta correr, é preciso correr mais que os outros. _____

Chuvvas intensas deixaram centenas de mortos em Petrópolis (RJ) em 2022: exemplo do poder de destruição do clima

TRANSIÇÃO VERDE E TRANSIÇÃO DIGITAL

A lista de tecnologias desenvolvidas com base em pesquisas financiadas pela FAPESP nos últimos 60 anos não inclui uma bola de cristal. A capacidade de “prever o futuro”, no entanto, sempre foi um dos grandes diferenciais da Fundação como agência de fomento, no que tange à sua habilidade de antever desafios e oportunidades que estão por eclodir no mundo da ciência e da tecnologia. Visto em retrospecto, esse é um dos ingredientes principais da resiliência e do protagonismo que a ciência paulista, apoiada pela FAPESP, tem demonstrado ao longo de sua história.

CLAUBER CLEBER CAETANO PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA E GARRYKILLIAN / FREEPIK



No cenário de incertezas do mundo pós-pandêmico que agora se descortina, a sexagenária Fundação trabalha com duas convicções: de que as mudanças climáticas e as tecnologias digitais (em especial, a inteligência artificial) vão alterar radicalmente o mundo em que vivemos nas próximas décadas; e de que a única maneira de lidar com essas transformações é por meio de uma ciência cada vez mais colaborativa e interdisciplinar.

O aquecimento global é um desafio inescapável e urgente, para o qual ainda não existe vacina. Vencida a emergência sanitária da pandemia de Covid-19, as mudanças climáticas globais voltam a ocupar o topo da agenda científica mundial, com ramificações desafiadoras sobre todas as áreas do conhecimento.

“Em todo o mundo, a atenção se volta agora para a recuperação pós-Covid. Esse momento é orientado por alguns grandes eixos da economia mundial, entre eles o da transição verde”, diz o presidente da Fapesp e ex-reitor da Universidade de São Paulo (USP), Marco Antonio Zago. Ele destaca o papel de pesquisas dedicadas a investigar o impacto das mudanças climáticas nos biomas brasileiros e à busca de alternativas para reduzir emissões de carbono e de poluentes atmosféricos — uma missão que, no Brasil, passa obrigatoriamente pelo fim do desmatamento na Amazônia. A destruição da floresta é a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa no país, com consequências nefastas para o clima e para a biodiversidade do planeta, além de vários impactos sociais, econômicos e ambientais locais.


“Pesquisas sobre a região amazônica estão na ordem do dia”, afirma Paulo Artaxo, professor titular do Instituto de

Física da USP e um dos coordenadores do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG). “A Amazônia deve atrair mais atenção nos próximos anos, em razão do recrudescimento recente na degradação desta que é a maior floresta tropical do mundo.”

Lançado em 2008, o PFPMCG é um exemplo de como a FAPESP se organiza de forma estratégica e multidisciplinar para o enfrentamento de grandes desafios do presente e do futuro. Em dez anos, o programa investiu cerca de R\$ 100 milhões em mais de 740 projetos de pesquisa, sobre os mais diversos aspectos das mudanças climáticas, e já possui um plano de ação aprovado para seguir trabalhando nisso até 2030. Muitos desses projetos se concentram naturalmente na região amazônica, em função da importância que a floresta tem para a estabilidade climática e econômica do país.

“Pesquisas sobre a floresta amazônica integram uma agenda inexorável diante das mudanças climáticas”, sublinha o diretor-presidente do Conselho Técnico-Administrativo (CTA) da FAPESP e professor da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Carlos Américo Pacheco. Segundo ele, a Fundação investiu cerca de R\$ 800 milhões em projetos de pesquisa sobre a Amazônia como um todo nas últimas duas décadas. “Há urgência em encontrar soluções para o uso sustentável de recursos naturais, compatível com a manutenção da floresta”, alerta Pacheco.

Entre os muitos resultados de destaque, essas pesquisas ajudaram a mostrar que a Amazônia, enfraquecida pelo desmatamento e pressionada pelo aquecimento global, deixa de ser um sumidouro para se tornar uma fonte de carbono para a atmosfera e que a perda de sua cobertura florestal



Combate ao desmatamento na Amazônia é chave para reduzir emissões de carbono e dar sustentabilidade ao desenvolvimento econômico do Brasil

pode alterar significativamente o clima de outras regiões do país — com consequências potencialmente gravíssimas para o agronegócio no Centro-Oeste e para a produção de energia no Sudeste, por exemplo. Mas ainda há muito o que estudar.

No campo das ciências exatas, segundo Artaxo, é preciso aprimorar modelos climáticos computacionais e amadurecer pesquisas sobre o processo de formação de nuvens e chuvas na Amazônia — um mecanismo climático intrincado, ainda não totalmente compreendido pela ciência. No entanto, ele destaca que o combate à emergência climática depende de uma abordagem multidisciplinar, sobretudo para o desenvolvimento de modelos econômicos baseados em soluções de baixo carbono.

“Nenhum setor econômico está livre dos impactos das mudanças climáticas”, diz Artaxo. Combater o desmatamento da Amazônia é indispensável, segundo ele, mas não suficiente, visto que a maior parte das emissões globais de carbono ainda é oriunda da queima de combustíveis fósseis. “Será necessário mudar o sistema socioeconômico, porque o atual não é sustentável, sequer no curto prazo, em um planeta com recursos naturais finitos.”

Desafios dessa magnitude exigem esforços igualmente complexos e ambiciosos para o seu enfrentamento. É aí que entram os grandes programas temáticos de pesquisa da

FAPESP, como o PFPMCG, o Bioen (sobre bioenergia), o Biota (sobre biodiversidade) e o eScience (sobre computação), envolvendo centenas de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento. Assim como os Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepids) da FAPESP, que atuam em temas na fronteira do conhecimento e recebem financiamento de longo prazo, de até 11 anos.¹

Uma característica comum desses centros é, justamente, a capacidade de antecipar desafios e articular estudos multidisciplinares para superá-los, diz o cientista da computação Roberto Marcondes Cesar Júnior, professor titular do Instituto de Matemática e Estatística (IME) da USP e coordenador do programa Cepids. Por exemplo, ainda nos primeiros meses da pandemia de Covid-19, o Centro de Desenvolvimento

¹ Mais informações no Fascículo 4: Grande projetos, grandes resultados.

de Materiais Funcionais, um Cepid sediado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), participou do desenvolvimento de um tecido com micropartículas de prata na superfície, que demonstrou ser capaz de inativar o vírus Sars-CoV-2. O projeto envolveu pesquisadores de áreas como biomedicina, nanotecnologia e química. Outro caso emblemático é o do Centro de Estudos da Metrópole, na USP, que se debruça sobre os principais desafios urbanos, articulando temas de fronteira, entre eles o da governança multinível. Isto é, a interação das decisões tomadas em diferentes esferas de governo (federal, estadual e municipal).

De acordo com Marcondes, o modelo de organização estabelecido pelos Cepids favorece a concentração de esforços em torno de áreas de importância estratégica, voltadas à solução de grandes problemas da sociedade. “Cada Cepid tem uma estrutura própria, com pesquisador responsável e coordenadores de difusão e de transferência de tecnologia, além de sede física”, explica. Essa dinâmica, diz ele, favorece a centralização de pesquisas guiadas por objetivos mais amplos, evitando a formação de uma “colcha de retalhos” de demandas particulares.

Cabe ressaltar que, na maior parte das pesquisas apoiadas pela FAPESP, sejam elas básicas ou aplicadas, o tema e a abordagem são de iniciativa dos pesquisadores (inclusive nos Cepids), esclarece o presidente da Fundação. “A questão mais importante da ciência é a pergunta que o pesquisador quer responder”, garante Zago. Houve momentos, no entanto, em que a Fundação assumiu a responsabilidade de nortear a implementação de novos campos de pesquisa no país. “O exemplo do Genoma FAPESP é emblemático”, pontua Zago, referindo-se ao

projeto que sequenciou o genoma da bactéria *Xyllela fastidiosa* e serviu como pedra fundamental para o desenvolvimento da genômica e da biotecnologia no Brasil, entre o fim da década de 1990 e início dos anos 2000.² Os programas vigentes buscam construir o mesmo tipo de legado nas suas respectivas áreas.

Enquanto certos pesquisadores trabalham para entender as mudanças climáticas e encontrar maneiras de mitigá-las, outros buscam soluções tecnológicas para se adaptar com urgência aos seus efeitos mais debilitantes, como o aumento da ocorrência de secas, inundações e outros eventos climáticos extremos. Uma dessas frentes de pesquisa, de grande importância social e econômica para o Brasil, é o desenvolvimento de novas variedades agrícolas, mais resistentes a condições de estiagem e altas temperaturas.

Uma ferramenta promissora nesse campo, investigada em projetos do Bioen e já em uso por diversas empresas de biotecnologia, é a técnica de edição gênica CRISPR/Cas9 (ou, simplesmente, “crisper”), tema do Prêmio Nobel de Química de 2020. Ela permite, por exemplo, alterar características genéticas da cana-de-açúcar (ou de qualquer outra planta) de forma rápida e precisa, sem as complicações dos transgênicos, que utilizam sequências gênicas “importadas” de outros organismos, nem a demora do melhoramento genético tradicional, que envolve o cruzamento de diversas variedades, ao longo de vários anos.

“O uso de ferramentas de edição genômica tende a se intensificar no campo da bioenergia, para o desenvolvimento

² Mais informações no Fascículo 4: Grande projetos, grandes resultados.



Cana transgênica resistente a insetos e herbicidas, desenvolvida em um projeto apoiado pela FAPESP: biotecnologia a serviço da sustentabilidade

de variedades de cana-de-açúcar mais produtivas e resistentes”, diz o agrônomo Heitor Cantarella, pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e membro da coordenação do Bioen. O aumento da produtividade de biocombustíveis — entre eles, o etanol de cana — é visto como parte importante de uma estratégia global para mitigar as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, em substituição aos combustíveis fósseis. “O aperfeiçoamento de cultivares e a identificação de novas fontes de energia vão depender fortemente de investimentos em áreas como biotecnologia e bioinformática daqui para frente”, completa Cantarella.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, e o melhoramento genético da planta é chave para aumentar essa produção de forma sustentável. “Nos últimos anos, reuniram-se evidências de que a bioenergia pode aumentar

a produtividade da terra sem prejudicar o abastecimento de alimentos. Também foram feitas avaliações sobre impactos ambientais, climáticos e econômicos da bioenergia”, diz a bioquímica Gláucia Mendes Souza, professora titular do Instituto de Química da USP e também coordenadora do Bioen. “No entanto, há muito pouco entendimento a respeito dos impactos sociais da produção de biocombustíveis, especialmente em países emergentes como o Brasil.”

Nesse contexto, há terreno fértil para a elaboração de trabalhos acadêmicos dedicados a investigar as consequências do desenvolvimento de biocombustíveis nas cadeias produtivas da chamada bioeconomia, observa Souza. “Estudos desse tipo exigem que o campo da bioenergia crie vínculos fortes com as ciências sociais, a fim de gerar conhecimento sobre arranjos produtivos locais e subsidiar políticas públicas para o setor.”

Um exemplo de articulação dessa natureza é o relatório *Bioenergia e Sustentabilidade*,³ publicado em 2015, que traça um panorama global da produção de bioenergia no mundo e apresenta caminhos para a expansão sustentável da atividade. O documento foi produzido em uma parceria da FAPESP com o Comitê Científico sobre Problemas do Ambiente (Scope, na sigla em inglês), sob a liderança de pesquisadores ligados aos programas de bioenergia, biodiversidade e mudanças climáticas da Fundação.

Inteligência humana e inteligência artificial

Seja qual for o desafio que desponte no horizonte — das mudanças climáticas, passando pela saúde humana, até as

³ *Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps*, Scope/FAPESP, 2015.

desigualdades sociais —, há um denominador comum que aparece em boa parte das soluções propostas: o uso de inteligência artificial (IA), considerada a “tecnologia de propósito geral do momento”, nas palavras do cientista da computação Nívio Ziviani, professor emérito da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). “Ela deverá ter o mesmo impacto que o motor a combustão e a eletricidade tiveram na história”, afirma Ziviani, em uma entrevista concedida à revista *Pesquisa FAPESP*, em agosto de 2020.

A fim de estimular estudos de ponta em IA, foi inaugurado em 2020 o Centro de Inteligência Artificial (C4AI), um dos Centros de Pesquisa em Engenharia (CPEs) financiados pela FAPESP, em parceria com a IBM e a USP.⁴ “Além da transição verde, outro grande eixo que passa a orientar a economia mundial é o da transição digital”, salienta Marco Antonio Zago. “Vários países têm definido políticas nacionais de inovação [as chamadas *mission-oriented innovation policies*], tendo como foco não só IA, mas também robótica e automação.”

Nessa linha, o presidente da FAPESP enumera temas de pesquisa que devem ganhar mais impulso nos próximos anos, tais como mecatrônica cognitiva, interações cooperativas entre homem-robô, veículos autônomos e aprendizagem de máquina. Muitas dessas tecnologias se enquadram no conceito de internet das coisas (IoT), que promete conectar usuários a aparelhos domésticos e fazer com que máquinas “conversem” entre si.

“Com o avanço da IA, estamos aumentando nossa capacidade de analisar tendências em grandes volumes de dados,

⁴ Mais informações nos Fascículos 3, 4 e 7.

e isso vai beneficiar diversas atividades, como produção agrícola, geração de energia e transportes”, explica Marcondes, que, além de coordenar o programa Cepids, lidera um projeto apoiado pela FAPESP na área de visão computacional aplicada a diagnósticos médicos. “Trata-se de um tipo de IA que consegue extrair informações de imagens, simulando o funcionamento da visão humana”, diz ele. “O objetivo dessa pesquisa é desenvolver um sistema capaz de detectar anomalias com mais precisão e avaliar imagens de ressonância magnética cerebral de bebês.”

Num horizonte maior, a combinação de avanços nas áreas da inteligência artificial e da genômica deverá abrir novas janelas científicas para a investigação da “essência humana”, permitindo uma compreensão muito mais ampla de como os nossos genes interagem entre si, com o nosso organismo e com o ambiente a nossa volta, segundo o médico Jorge Kalil, professor titular da Faculdade de Medicina da USP e diretor do Laboratório de Imunologia do Instituto do Coração (Incor). “Cada vez mais poderemos ver como o ambiente modifica a expressão do genoma, influenciando o nosso comportamento e o surgimento de doenças”, prevê o cientista.

Assim como ocorre em outras áreas, as ciências biológicas — incluindo a biomedicina — estão se tornando cada vez mais uma atividade de *big data*, cujos avanços estão intrinsecamente ligados à capacidade de processar, analisar e interpretar grandes volumes de dados. “É uma tendência mundial”, aponta Kalil.

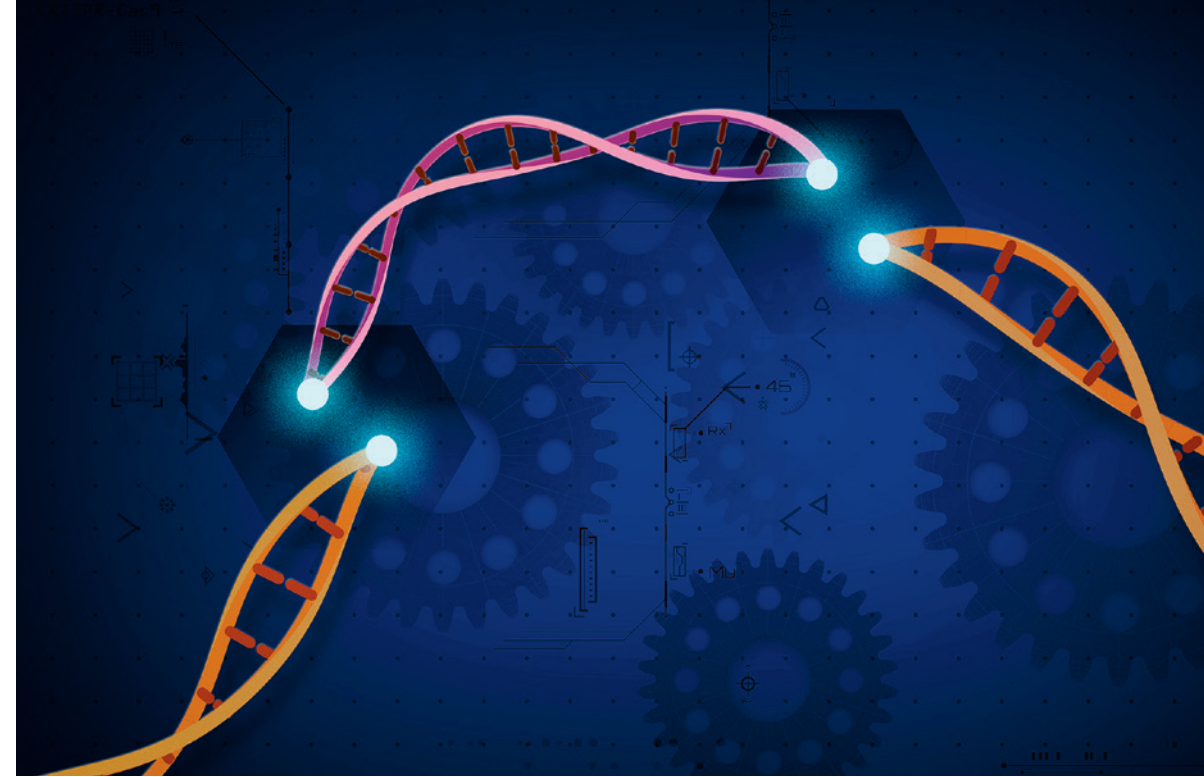
Com a inteligência artificial é possível identificar padrões e anomalias em sistemas de altíssima complexidade, como

Tecnologia CRISPR/Cas9 permite editar, remover ou inserir genes no DNA de um organismo: inovação revolucionária para várias áreas da ciência

os que controlam o funcionamento dos genes, do sistema imunológico e do cérebro humano, por exemplo. E quanto melhor conhecermos as engrenagens desses sistemas, maior será a nossa capacidade de intervir sobre eles, seja para corrigir falhas ou para melhorar o seu funcionamento, explica Kalil. Um dos muitos projetos dos quais ele participa atualmente é um estudo, financiado pela FAPESP, que se propõe a utilizar a técnica de CRISPR/Cas9 para editar o genoma de porcos, com o intuito de viabilizar o transplante de órgãos suínos para seres humanos.

O transplante de órgãos entre espécies (ou xenotransplantes) é um objetivo antigo da medicina, que poderá, enfim, se tornar realidade neste século, graças a essas técnicas de edição gênica — que permitem inativar os genes que induzem a rejeição imunológica do novo órgão pelo receptor. O primeiro transplante de coração de um porco geneticamente modificado para um ser humano foi realizado em janeiro de 2022, nos Estados Unidos, e o paciente sobreviveu por dois meses. Os cientistas brasileiros, por sua vez, planejam trabalhar com rins.

Outra frente de pesquisa promissora, que começa a mostrar resultados clínicos reais, envolve a edição de genes humanos para o tratamento de doenças de base genética. Uma sinalização importante de que a ciência já possui as



ferramentas necessárias, biológicas e digitais, para intervir tanto no “hardware” quanto no “software” do ser humano. Cabe aos cientistas, agora, o desafio de utilizá-las com a eficácia e a responsabilidade necessárias.

Responsabilidade social

A revolução desencadeada pela inteligência artificial não é de interesse apenas de quem pesquisa em áreas tecnológicas, avalia o sociólogo Sérgio Amadeu da Silveira, pesquisador do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC (UFABC). “O desenvolvimento de novas tecnologias digitais requer análises críticas do impacto que elas causam na sociedade e cultura”, diz Silveira, que, entre 2018 e 2020, coordenou um projeto, apoiado pela FAPESP, sobre o uso crescente de plataformas

de compartilhamento on-line e de ferramentas de IA na gestão pública.

Segundo o sociólogo, a maioria dessas plataformas é desenvolvida pelas grandes empresas do setor de tecnologia, as chamadas *big techs*. “Essas multinacionais contam com bases de dados cada vez mais variadas e, com isso, conseguem explorar padrões de comportamento e lucrar bilhões de dólares com a comercialização de informações no mercado global de dados.” Na visão de Silveira, as consequências do avanço das plataformas digitais é um campo de pesquisa com enorme potencial para contribuir com o esforço global de combater a violação da privacidade dos cidadãos e a disseminação de notícias falsas na internet.

Novamente, a articulação entre cientistas de diferentes áreas é apontada como um dos aspectos que podem viabilizar o surgimento de novas linhas de pesquisa conectadas a desafios do presente e do futuro. “É interessante ver que questões como mudanças climáticas, inteligência artificial, *big data* e sociedade de risco não pertencem a uma área do conhecimento específica”, analisa o físico Márcio Barreto, professor da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Unicamp.

“Está cada vez mais nítido que o diálogo interdisciplinar é fundamental para lidarmos com problemas contemporâneos”, pontua Barreto, organizador do livro *Humanidades e ciências naturais* (Editora Unicamp, 2021). Na obra, o autor argumenta que a especialização e a fragmentação do saber em subáreas estão em xeque, uma vez que a complexidade dos maiores problemas da humanidade rompe as fronteiras que separam natureza e cultura, ambiente e sociedade — além de outras dualidades estabelecidas pelo hábito disciplinar.

Para a cientista política Lourdes Sola, do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da USP, áreas como economia e ciência política devem passar por um período de reavaliação de suas ferramentas conceituais e metodológicas diante de novas realidades impostas pelas crises ambiental, econômica e sanitária. “A ciência política está muito fragmentada em subdisciplinas, cada uma com seus cânones e teorias. As conjunturas críticas globais às quais assistimos exigem conceitos mais amplos.”

Para além da interdisciplinaridade, diz Sola, a expectativa é que os grandes obstáculos da sociedade sejam cada vez mais abordados sob a perspectiva da transdisciplinaridade. “Isso significa desenvolver estudos nos quais não apenas interajam pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento, mas que também incorporem a participação de outros atores sociais, como representantes de movimentos sociais, ONGs e gestores públicos.”

Sola ressalta que, por meio de abordagens desse tipo, é possível desenvolver análises transversais, a fim de compreender a reconfiguração de algumas assimetrias de poder na sociedade e a consolidação de novos arranjos políticos nos níveis nacional e regional. Além disso, Sola sinaliza temas que merecem mais atenção em áreas como ciência política, economia política internacional e relações internacionais.

“O cenário aponta para a necessidade de estudos sobre políticas de transição climática e energética e seus impactos específicos na América do Sul. A produção sobre esses temas tem sido objeto quase exclusivo das ciências naturais e exatas”, avalia Sola. _____

processos tradicionalmente estabelecidos de financiamento, produção, avaliação e divulgação da ciência, nos quais as agências públicas de fomento, como a FAPESP, exercem um papel fundamental de interlocução entre as aspirações dos cientistas e os interesses da sociedade.

As modulações se aplicam aos vários estágios do sistema, desde a avaliação inicial de projetos até a análise de seus impactos na sociedade, passando por uma discussão sobre o uso de *preprints* (trabalhos publicizados sem revisão por pares) como forma de divulgar resultados científicos e por uma reflexão social sobre a ética de se conceder a revistas comerciais a propriedade sobre dados de pesquisas que foram financiadas com dinheiro público.

Uma premissa inexorável nesse debate é que o fazer científico não pode prosperar sem uma avaliação séria, ética e constante de seus métodos e resultados. O primeiro passo é decidir quem deve receber os recursos; algo que pode ser extremamente desafiador num cenário de demanda qualificada abundante, como ocorre no estado de São Paulo. A FAPESP avalia cerca de 20 mil processos por ano — entre pedidos de bolsas e financiamento de projetos —, e não há como fazer isso de forma “artesanal”, segundo o diretor científico da Fundação, Luiz Eugênio Mello. “Precisa ter uma dimensão industrial também, com parâmetros, padronização, uniformização”, argumenta ele. “Não posso ter dois pesos e duas medidas. Para quem julga e faz análise, é muito difícil balizar de forma impessoal, objetiva.”

É inevitável, portanto, que as avaliações — ainda que não se restrinjam a isso — sejam fundamentadas em métricas objetivas, como o histórico de publicações, citações e registro

de patentes pelos proponentes. “É um desafio fugir dessa cienciometria rasa”, observa Mello. “Quanto mais estabilizada está alguma coisa, mais difícil é fugir disso.”

Ainda assim, a incorporação de novas dimensões qualitativas aos seus processos de avaliação é uma preocupação premente da FAPESP. “A gente pede para o proponente indicar quais são as cinco coisas mais importantes que fez na vida. Já é uma outra forma de abordar o currículo, que não é simplesmente a convencional, pelo número de publicações, ou se publicou em revistas muito citadas, que é algo que a FAPESP não gosta e sempre foi muito crítica em relação a isso”, diz Carlos Américo Pacheco, diretor-presidente do Conselho Técnico-Administrativo da Fundação.

Uma iniciativa inovadora da agência que se encaixa nesse contexto é o Programa Nova Geração, lançado em dezembro de 2021, que criou duas novas modalidades de fomento à pesquisa, voltadas para jovens pesquisadores. A primeira é o Projeto Inicial π (Pi), para cientistas contratados há menos de oito anos em universidades ou institutos de pesquisa no Estado e com título de doutor obtido há menos de 12 anos. A segunda é o Projeto Geração, ainda mais audacioso, voltado para jovens cientistas, sem vínculo empregatício, que tenham concluído a graduação há menos de 11 anos e o doutorado há menos de seis.

A ideia é apoiar a ascensão de jovens talentos que, por uma questão de idade, não possuem um currículo robusto o suficiente (do ponto de vista quantitativo), ainda, para disputar recursos com pesquisadores mais sêniores nos editais convencionais. As novas linhas expandem o escopo do programa Jovem Pesquisador (JP), lançado em 1996, que

exige currículo internacional e visa ao estabelecimento de novas linhas e grupos de pesquisa no estado.

O primeiro edital do Projeto Geração foi aberto em fevereiro de 2022. O plano é investir R\$ 32 milhões em até 20 propostas, sendo que cada uma poderá solicitar até R\$ 1,6 milhão, para projetos de até cinco anos. “Espero que a gente tenha vários projetos ousados, ambiciosos”, pondera Mello. É provável que nem todos eles produzirão resultados ou cientistas espetaculares, diz ele, mas tudo bem. “A gente vai errar? Espero que sim, porque se não errarmos, não estaremos arriscando.”

Além de superar o uso exclusivo de algoritmos ou processos automatizados na avaliação de propostas e de contemplar as ambições de jovens doutores, a FAPESP olha cada vez mais para o impacto das pesquisas — não apenas do ponto de vista bibliométrico, mas de todas as formas de impacto: científico, tecnológico, social, econômico, ambiental. Ou seja, não se considera mais apenas quantas vezes um estudo foi citado por outros cientistas, mas também se a pesquisa está conectada com as expectativas da sociedade, de que forma ela contribui para o bem-estar humano, para a conservação da natureza, para a formulação de políticas públicas ou para a valorização da cultura, por exemplo.

“A avaliação de desempenho é feita pelos pares, como também pelos beneficiários, usuários do conhecimento e dos serviços”, explica Jacques Marcovitch, professor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) e ex-reitor da Universidade de São Paulo (USP), que coordena um amplo projeto de pesquisa sobre métricas de desempenho acadêmico e científico no estado, financiado pela FAPESP. As maiores agências de fomento do mundo

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DEVE CONSIDERAR NÃO APENAS O NÚMERO DE CITAÇÕES, MAS TAMBÉM AS CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E AMBIENTAIS DA PESQUISA

investem cada vez mais nessa combinação de métricas de resultados com indicadores de impacto, segundo ele.

Missão científica

Um dos dilemas mais antigos e persistentes das políticas de fomento à ciência, que continua a se projetar para o futuro, é o da “ciência básica *versus* ciência aplicada”. Qual pesquisa deve ser considerada mais prioritária: a que busca responder questões científicas fundamentais ou a que busca desenvolver novas tecnologias e solucionar problemas práticos da sociedade? Dito de outra forma: a pesquisa “orientada pela curiosidade”, voltada à produção de conhecimento, ou a pesquisa “orientada a missão”, que busca atingir um objetivo específico?

Em muitos aspectos, trata-se de um falso dilema, pois a pesquisa dita aplicada depende da ciência básica para existir. (Ou, como diria Pasteur: não existe ciência aplicada, existem aplicações da ciência.) As vacinas de RNA mensageiro contra a Covid-19, por exemplo, só puderam ser desenvolvidas graças a um vasto arcabouço acumulado de conhecimento

sobre biologia molecular, genética, imunologia e microbiologia. A tecnologia de edição genética CRISPR/Cas9, tema do Prêmio Nobel de Química 2020, por sua vez, surgiu de pesquisas básicas sobre o sistema imunológico de bactérias.

Seja como for, do ponto de vista de uma agência de fomento que lida com dinheiro público, é necessário estabelecer critérios para garantir que os recursos disponíveis sejam usados da forma mais eficiente e produtiva possível. “O que todas as agências do mundo hoje procuram fazer é um *blend* entre a pesquisa movida pela curiosidade e a pesquisa movida por problemas”, afirmou Pacheco, em um seminário sobre o tema organizado pela FAPESP, em março de 2022.¹ O segredo, segundo ele, está em encontrar a mistura ideal desse *blend*, reconhecendo que a solução de problemas complexos depende, fundamentalmente, da geração de conhecimento básico sobre esses problemas. “A gente sabe que uma parte importante da agenda nossa é financiar pesquisa movida pela curiosidade; mas é preciso reconhecer que o mundo se move na direção de como enfrentar desafios. Isso não é simples”, disse Pacheco. “As missões não priorizam a pesquisa aplicada e a inovação em relação à pesquisa fundamental, básica: são uma nova maneira de enquadrar o diálogo entre elas, galvanizando novas formas de colaboração.”

Uma das maiores referências mundiais nesse tema é a economista Mariana Mazzucato, da University College London, que participou do seminário. “Direcionalidade”, segundo ela, é a palavra-chave desse processo. “Precisamos falar muito

¹ “O Impacto da Ciência na Sociedade e no Avanço do Conhecimento: os novos desafios da pesquisa orientada a missão”, 21/03/2022.

mais abertamente sobre a direção do crescimento, não apenas sobre o ritmo”, afirmou. “Precisamos de uma mentalidade muito diferente a fim de sermos mais proativos. Não se trata apenas de resolver problemas à medida que eles aparecem em nosso caminho; envolve mudar o papel do Estado, as estruturas de governança empresarial, a relação público-privada.”

Entre os desafios abordados no evento estavam mudança climática, redução de desigualdades, qualificação do serviço público, Amazônia, preparação para as próximas epidemias, transição para economia de baixo carbono. São desafios que injetam sentido de urgência ao trabalho científico, evitam fragmentação, superam direcionalidades fracas, promovem engajamento e implicam um novo design institucional — cujo bom funcionamento depende de uma melhor articulação entre todos os atores do sistema: academia, indústria, poder público e sociedade civil, segundo os participantes do evento.

“A implementação dessa temática [pesquisa orientada a missão] é um desafio novo. Exige examinar tendências mundiais e locais e consultar a sociedade, empresários e diferentes níveis de governo. É crítico ouvir a área pública e as empresas, reavaliar fluxos de análises e propostas. Há necessidade de assumir outra postura; e essa outra maneira de financiar a pesquisa exige uma mudança de postura de toda a instituição”, sublinhou o presidente da FAPESP, Marco Antonio Zago. “A FAPESP está e continuará envolvida com isso.”

Ciência aberta, mas não gratuita

Outro conceito que ganhou força no início deste século, e que promete se intensificar nas próximas décadas, é o da Ciência Aberta (*Open Science*, em inglês). A facilidade de comunicação



e acesso a informações proporcionada pelas mídias digitais fez crescer na comunidade científica um sentimento de indignação com os valores que são cobrados por grande parte dos periódicos científicos internacionais para se publicarem e acessarem resultados de pesquisas que, na sua maior parte, são financiadas com dinheiro público.

“Assim como a digitalização revolucionou o consumo de mídia, como música, filmes e jornais, agora está transformando a comunicação científica”, avalia Marcovitch, da USP. “Pela primeira vez, o fato de que vastas somas de dinheiro fluem da pesquisa pública para editoras privadas está sendo percebido pelos pesquisadores.” Um ônus que, segundo ele, não era tão perceptível anteriormente, porque ficava concentrado nas bibliotecas institucionais, que pagavam pelas assinaturas das revistas. Agora, no modelo de acesso aberto — ao qual a maioria das revistas científicas já aderiu ou planeja aderir —, o custo de publicação se transfere para o bolso dos pesquisadores, que precisam pagar valores às vezes exorbitantes para publicar seus trabalhos em periódicos de prestígio.

Cria-se, assim, o risco de trocar seis por meia dúzia: se antes pagavam-se assinaturas caríssimas para ter acesso ao conteúdo das revistas, agora é preciso desembolsar taxas altíssimas — as famigeradas APCs, ou “taxas de processamento

de artigos”, na sigla em inglês — para publicar um artigo científico e assegurar a leitura gratuita para todos. No Brasil, o problema foi agravado nos últimos anos pela alta do dólar e pela redução dos investimentos federais em ciência, tecnologia e educação.

No caso da revista *Nature*, por exemplo, uma das mais antigas e prestigiosas no mundo, a APC chega a custar US\$ 11.390 e na revista *Cell*, US\$ 10.630 (valores de fevereiro de 2022). “É claro que esses valores são altos não por causa dos custos, mas como uma ação na Bolsa de Valores: se todo mundo quer, o preço vai lá para cima”, pondera o físico Peter Schulz, da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), especialista em cienciometria e divulgação científica. O resultado acaba sendo um aumento da desigualdade, marcado pela invisibilização daqueles que têm bons trabalhos, mas não conseguem pagar a taxa para tê-los publicados numa revista de alto impacto. “Não sei como você utiliza melhor o dinheiro no caso das universidades públicas, se é bater de frente numa negociação com as editoras, para reduzir o valor das assinaturas, ou bater de frente para reduzir o custo de publicação”, pondera Schulz.

O fato é que a academia foi encurralada entre esses dois modelos de pagamento — assinaturas e APCs —, e ambos pesam muito sobre os ombros dos construtores e usuários do conhecimento. Em novembro de 2021, a FAPESP estabeleceu um valor máximo de auxílio à publicação de artigos: R\$ 12 mil. “Isso dá um balizamento para os pesquisadores e está dentro do que muitas revistas de boa qualidade praticam”, avaliou José Roberto de França Arruda, professor da Unicamp e membro da Coordenação Adjunta de Ciências

Exatas e Engenharias da FAPESP, em uma reportagem sobre o tema publicada na revista *Pesquisa FAPESP*.²

A Fundação tem uma política ativa de incentivo à publicação de estudos e dados em formato aberto, tanto por meio da plataforma SciELO (Scientific Electronic Library Online³) quanto pelo incentivo à criação de repositórios abertos nas universidades. Desde março de 2019 a FAPESP exige que todas as publicações resultantes de pesquisas financiadas por ela sejam disponibilizadas em formato aberto à sociedade.

“A agência está cada vez mais subindo o sarrafo, mas tem de fazer isso com cautela; não é possível mudar de maneira acelerada”, pondera Pacheco. Ele cita o exemplo da Comunidade Europeia, que tinha se proposto a implementar um projeto de ciência aberta bastante radical, num período relativamente curto, mas acabou dilatando os prazos. “E olha que o Conselho Europeu de Pesquisa tem condições financeiras de bancar um tipo de batalha dessa natureza; algo que nós, sozinhos, não temos”, diz. “Mesmo com todo seu poderio, foi mais cauteloso nesse cronograma de implantação.”

Ainda que cautelosamente, Pacheco acredita que o movimento em direção à ciência aberta “é um caminho inexorável”. Mudanças intensas são esperadas a partir de 2025, quando a Coalizão S — um consórcio internacional de agências de fomento e instituições de pesquisa, que lidera a promoção da ciência aberta no mundo — deixará de subsidiar APCs, mas continuará a exigir de seus partícipes que todos os trabalhos financiados por eles sejam publicados em revistas

2 “Na ponta do lápis”, *Pesquisa FAPESP*, n. 312, fevereiro de 2022.

3 Mais informações no Fascículo 3: “Pioneirismo digital”, págs. 53-56.

de acesso aberto. Tanto as revistas quanto os cientistas e as agências que os financiam terão que se adaptar.

Em seu conceito mais abrangente, a ciência aberta não se aplica apenas à publicação de *papers*, mas também à disponibilização de todas as informações relacionadas a uma linha de pesquisa. Nesse ponto, vale ressaltar que “aberto” não é sinônimo de “gratuito”, diz a pesquisadora Claudia Bauzer Medeiros, professora do Instituto de Computação da Unicamp e membro da coordenação do Programa de Pesquisa em eScience e Data Science da FAPESP. Ao calcular os custos dessa abertura, não basta descontar o valor do papel das revistas (que viraram digitais); é preciso considerar dispendios relacionados à atualização de *hardware* e *software*, e à remuneração e treinamento dos técnicos envolvidos na preservação, organização e disponibilização das informações.

“O custo computacional e de pessoal de ciência aberta não é trivial”, afirma Medeiros, “mas é contrabalançado pelos benefícios de colaboração, de reuso e de troca de conhecimento.” Por exemplo, uma antropóloga pode abrir seus livros de campo contando o que coletou, como coletou e o que deu certo ou errado, para que outros colegas não precisem passar pelas mesmas dúvidas e agruras na hora de realizar um trabalho semelhante. Assim, a ciência avança mais rapidamente e as agências de fomento não desperdiçam tempo e dinheiro financiando coisas que já foram feitas, explica a pesquisadora.

A FAPESP foi a primeira agência da América Latina a investir fortemente em ciência aberta e planeja continuar fazendo isso, segundo Marco Antonio Zago. “Ela traz benefícios enormes, em última instância, ao disponibilizar dados primários,

e a experiência vem demonstrando que isso permite que a pesquisa avance mais rapidamente, ultrapassando gargalos.”

Preprints

Outro gargalo a ser resolvido é o da demora para publicação de artigos em revistas especializadas. Via de regra, os resultados de uma pesquisa só são considerados válidos depois de terem sido analisados por revisores independentes e publicados em uma revista especializada, no consagrado processo de “revisão por pares”. O problema é que isso pode levar meses. A produção científica mundial é tão grande que as revistas não dão conta de revisar e publicar tudo o que recebem com a presteza ou atenção adequadas. A editora Springer, por exemplo, avaliou mais de 1,4 milhão de manuscritos e publicou 370 mil artigos científicos em 2021. Já a Elsevier recebeu 2,5 milhões de submissões e publicou 564 mil artigos em 2020, mobilizando uma rede de 1,4 milhão de revisores, segundo números informados pelas empresas. Cada uma delas comanda um portfólio de quase 3 mil revistas, incluindo títulos de prestígio como *Nature*, *Cell* e *The Lancet*.

Um caminho alternativo que muitos cientistas passaram a usar para fugir desse “congestionamento” e colocar seus dados “na rua” de forma mais rápida e autônoma é o das plataformas digitais *preprint* (“pré-impressão”, em tradução livre), que permitem a publicação de artigos científicos sem revisão por pares, como uma forma preliminar de divulgação e discussão de resultados. Era um caminho relativamente marginal, de pouca projeção no *mainstream* científico e midiático, até que a chegada da Covid-19 “viralizou” o uso dessas plataformas.

“No início da pandemia os *preprints* foram ótimos porque a gente precisava de informações trocadas rapidamente”, diz a farmacologista Soraya Smaili, professora e ex-reitora da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), que liderou a instituição no primeiro ano e meio de pandemia. “Mas ficou claro que precisamos de critérios sobre em que momentos você os utiliza, pois saiu muita coisa promovendo terapias estapafúrdias, que foram sendo inventadas, sem bases consistentes. E depois, até você desfazer a desinformação, ela já tinha causado muitos estragos.”

Foi o que aconteceu, por exemplo, com trabalhos malfeitos que defendiam o uso da cloroquina e de outros “tratamentos precoces” contra a Covid-19. Numa discussão técnica, esses estudos seriam rapidamente descartados por suas falhas metodológicas; jamais sobreviveriam a um processo sério de revisão por pares. Aproveitando-se das plataformas *preprints*, porém, seus autores ganharam manchetes de jornais, influenciaram a opinião pública e forneceram munição para médicos e políticos negacionistas. “O que deveria se limitar a um compartilhamento entre especialistas transbordou para um espaço em que não é mais avaliado, é tomado pelo seu valor de face e propagandeado”, avalia Schulz, da Unicamp.

Resta saber qual será o papel dos periódicos de acesso aberto e dos *preprints* no mundo científico pós-pandemia, sem as urgências impostas pela fatalidade do coronavírus. O prestígio da revista em que um trabalho é publicado sempre foi um fator determinante para a visibilidade de uma descoberta e para a valorização de um cientista, mas isso é algo que também tende a mudar nas próximas décadas. _____

VIRÁ QUE EU VI: PENSAMENTOS, SEM CERTEZA, SOBRE O FUTURO



Lilia Moritz Schwarcz | Professora titular da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da USP

Vivo sempre no presente.

O futuro não o conheço.

O passado, já não o tenho.

FERNANDO PESSOA¹

Diz a poderosa teoria do senso comum que “o futuro não tem dono ou propriedade”. Já para o Conselheiro Ayres, personagem de Machado de Assis, que brindava seus interlocutores com conselhos pouco úteis, “as coisas só são previsíveis quando já aconteceram”. Nessa direção, anos depois, Delfim Netto, explicou que “a grande vantagem do passado é que ele já foi o futuro”.

Um aspecto comum a essas definições é a incerteza. Não há mágica ou cálculo que dê conta de conferir rigor a esse tipo de previsão acerca do futuro. Historiadores, por exemplo, costumam preferir se deter no passado, estudar processos

1 Pessoa, Fernando. *Livro do desassossego*. São Paulo, Companhia de Bolso, 2006.

encerrados, a se deter na análise de eventos imediatos, cujas decorrências jogam o jogo do descontrole e das conjunturas.

Do latim *futurus*, o futuro é aquilo que está para acontecer. Pensado nesses termos, um tanto óbvios, o futuro é uma previsão que pode ser calculada, especulada, teorizada ou antecipada de acordo com os dados que se tem, mas que se pautam em variantes, sempre incompletas.

Em fins do século XIX, Durkheim definiu tempo e espaço como “categorias fundamentais do pensamento”: estruturas comuns à humanidade, que fazem com que nos entendamos como pessoas no tempo — com passado, presente e futuro.² Esse não deixa de ser um projeto da modernidade que, como mostrou Latour, é, à sua maneira, um conceito criado pela cultura ocidental, para distingui-la dos demais povos, opondo cultura a natureza. E tal modelo tem imenso impacto nas nossas filosofias, na nossa ciência e nas formas de estar no mundo.³ É ele que faz com que os ocidentais se pensem como setas no tempo, superando o passado e buscando domesticar o futuro.

Foi também nesse contexto que o conceito de “evolução” virou um paradigma de época. Chamado de “Era da Ciência”, tal regime de certezas fundou uma sorte de empáfia civilizacional, de quem achava que a ciência teria a capacidade de nos vacinar diante de qualquer infortúnio.

Todavia, faz dois anos nos encontramos imersos num tempo sem tempo ou progressão; um tempo cíclico, em compasso de espera, que impede projetarmos no futuro um sonho de

2 Durkheim, Emile. “Les règles de la méthode sociologique”, Paris, 1919/1895.

3 Latour, Bruno. *Jamais fomos modernos*. Rio de Janeiro, Editora 34, 2009.

presente. Esse é o tempo pandêmico, que acabou por unificar a realidade de grandes e pequenas cidades, conglomerados e grupos mais isolados. Estamos todos, de certa forma, isolados.

Tal perspectiva também tem tido imenso impacto por sobre as imaginações coletivas. Eduardo Lourenço definiu a identidade lusitana como um projeto parado no passado. Afirma o filósofo: “Os portugueses ainda vivem com um excesso de passado (...) Poucos povos foram tão quixotescos como os portugueses. Pois sonharam sonhos maiores do que eles mesmos”.⁴

Já aos brasileiros tem cabido a pecha de futuro. Stefan Zweig, que veio ao país em 1936, fugindo da guerra na Europa, escreveu um opúsculo chamado *Brasil, país do futuro*. E a expressão “pegou”.⁵

Mudamos muito, mas não o suficiente para abandonarmos o “guarda-chuva” de país do futuro; o que pode ser muito bom, pois confere juventude e algo de inusitado à nação; mas também ruim, pois elide a noção de acúmulo e de projeto.

Toda identidade é uma construção narrativa, que só ganha sentido em contexto e na comparação.⁶ Talvez por isso os brasileiros — se é que essa categoria genérica existe —, na carência de uma história a exaltar, diante da construção de uma estrutura social profundamente desigual, herdada da escravidão, fizeram da cultura um exercício de desestruturação, de desconfiança, de desencantamento.

A pecha do futuro há de nos custar muito caro, ainda mais no momento em que vivemos. O país eternamente jovem — em

4 Lourenço, Eduardo. *Mitologia da Saudade*. São Paulo, Companhia das Letras, 1999.

5 Zweig, Stefan. *Brasil, um país do futuro*. Porto Alegre, L&PM, 2006.

6 Cunha, Manuela Carneiro. *Negros estrangeiros*. São Paulo, Companhia das Letras, 1985/2012.

que o envelhecimento é um anátema — tem sido obrigado a conviver com a morte, a doença e a falibilidade. Porém, se não soubermos lidar com a morte, não saberemos enfrentar a vida.⁷

Eric Hobsbawm explicou que o século XX só teria começado com o fim da Primeira Guerra Mundial, que provou como a humanidade continuava na barbárie. Eu acrescentaria que o século só começou após 1918 também, por causa da epidemia da gripe espanhola, que pegou de chofre a uma população que estava despreparada para perceber que a ciência não tinha respostas prontas para tudo.⁸

Nosso sonho de futuro também anda muito prejudicado pelo atual governo, pelo desemprego, pela fome que voltou, a nível mais global, por uma pandemia que não cessa e pelas guerras mundiais.

Quem sabe o século XXI não tenha começado.⁹ Quem sabe ele só será inaugurado com uma humanidade mais humilde, que pare de destruir o planeta, que termine com o projeto de desigualdade, que saiba lidar com a morte e que olhe para frente acumulando experiências.

No momento em que vivemos nunca dependemos tanto da ciência e da boa informação. Mas precisamos mais: de um pacto pelo futuro. “Ele virá”, como cantou Caetano Veloso em *Um índio*. “Virá que eu vi; Apaixonadamente como Peri; O axé do afoxé Filhos de Gandhi; Virá”. _____

7 Krenak, Ailton e Schwarcz, Lilia. *Tolerância intolerante/ De mal a pior*. Salvador, UFBA/ CNPq, 2021.

8 Schwarcz, Lilia e Starling, Heloisa. *Bailarina da morte: a gripe espanhola no Brasil*. São Paulo, Companhia das Letras, 2020.

9 Schwarcz, Lilia. *Quando acaba o século XX*. São Paulo, eBook Kindle, Breve Companhia, 2020.



Luz, câmera, conexões: ímã e peças do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) e registro por espectroscopia de atividade cerebral

O TECIDO DO CONHECIMENTO

O futuro sempre serviu grandes doses de estimulantes à curiosidade do gênio humano. Na Antiguidade, oráculos permitiam a governantes e generais a ilusão de antever o desenlace de uma guerra ou conspiração política. Muitos séculos depois, o desenvolvimento científico e o avanço tecnológico passaram a fornecer novos e poderosos elementos reais à investigação — e à imaginação — do futuro. E na primeira metade do século XX, autores como Aldous Huxley e George Orwell vislumbraram na ficção sociedades cruelmente dominadas pela racionalidade técnica, nas quais expressões constitutivas do humano, como o amor e o livre pensar, estavam sufocadas por Estados totalitários, com seu monopólio radical da comunicação e até da reprodução social.

Muitas décadas após as distopias de *Admirável mundo novo* (1932) e *Mil novecentos e oitenta e quatro* (1949), o par ciência & tecnologia apresenta-se nas cenas da vida cotidiana como um

LÉORAMOS CHAVES / PESQUISA PAPER E GARRYKILLIAN / FREEPIK

construtor fundamental das sociedades contemporâneas e de seus futuros. Comunicação por vídeo em tempo real, um “aqui e agora” onipresente e planetário, trocas financeiras e dinheiro digitais, a materialidade do mundo invadida pela virtualidade em todas as instâncias, oferta de vacinas contra uma pandemia trágica e avassaladora em tempo recorde e carros quase autoguiados são apenas uns poucos exemplos pinçados dos milhares de elementos que conformam a aparência e as relações sociais de um mundo que, poucas décadas atrás, soaria fantástico — ainda que ofereça uma contraparte sombria montada sobre desigualdades abissais, violência de toda ordem, fome a assolar vasto contingente populacional, guerras, totalitarismos, grandes ondas migratórias e megadesastres naturais decorrentes das ações humanas nas mudanças climáticas, para também aqui ficar em uns poucos traços das sombras.

Em meio a esse cenário transitivo, o olhar para o futuro alcança a própria produção do conhecimento que ajudou a constituí-lo. E a interrogação, “como avançaremos a partir daqui?”, dirige-se às ciências, seus pensadores, produtores, gestores e planejadores, com espaço especial reservado às ciências sociais e às humanidades na formulação de respostas possíveis. Ora, é afinada com a compreensão de que já está em curso uma mudança de natureza epistemológica provavelmente de grande profundidade e alcance e que tem no *big data* e no digital/inteligência artificial espécies de anjos anunciadores, que instituições como a FAPESP, aliás, mantendo a fidelidade a sua história, vêm moldando programas destinados a acolher e impulsionar projetos um tanto estranhos aos tradicionais arranjos disciplinares e

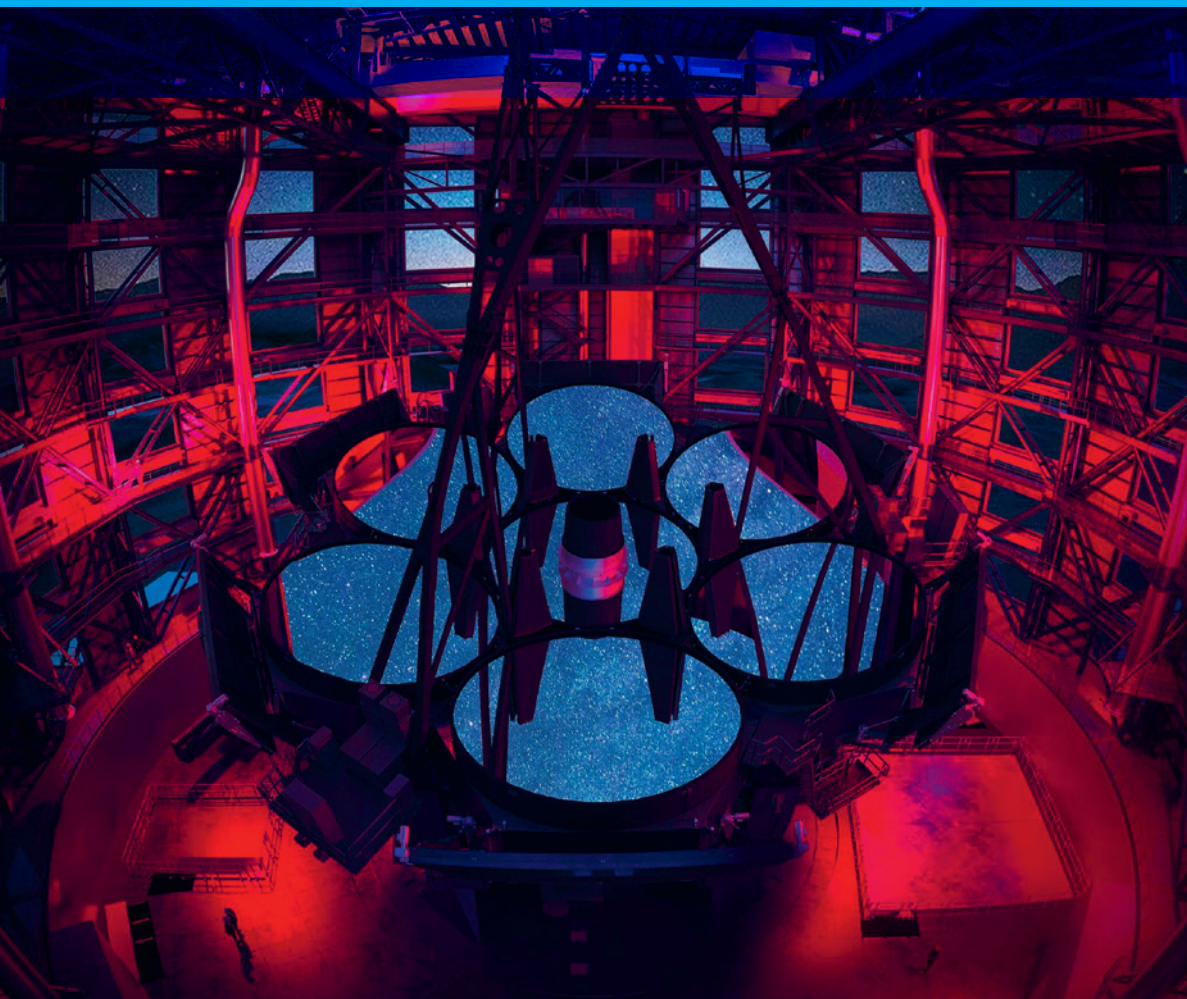
multidisciplinares e mais articulados ao espírito ainda meio velado do tempo. É fato que boa parte das estruturas atuais de produção do conhecimento ainda permanece alheia ou resistente ao que se passa de novo em seus domínios ou no entorno, mas a Fundação aposta que há muitos grupos dispostos a interpretar bem os sinais das mudanças.

Nesse sentido, um programa novo e altamente estimulante, com o sugestivo nome de LinCAr — Abordagens inovadoras em pesquisas em Linguagens, Comunicação e/ou Artes, foi lançado em fevereiro de 2022 para financiar projetos “que proponham novas formas de produzir e disseminar conhecimento por meio da pesquisa” nas áreas em questão. Ao concebê-lo, a FAPESP considerou que “a pesquisa colaborativa e transdisciplinar estimula avanços no conhecimento”. Manifestou em sua apresentação a expectativa de que ele sirva à construção de novos arranjos teóricos e procedimentos metodológicos, “em sintonia com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU)”.

Importante destacar também que parcerias interinstitucionais e transnacionais são bem-vistas e a FAPESP valoriza a cooperação internacional na análise dos projetos. Seu objetivo são “investigações relevantes, originais e de alta qualidade, na promoção de práticas de investigação colaborativa em redes”. Na verdade, os 11 temas sugeridos aos pesquisadores das áreas cobertas pelo LinCAr (embora outros sejam aceitos) e, especialmente, as perguntas apresentadas dentro de cada um como um bom filão para orientar as pesquisas ilustram de forma eloquente o link da FAPESP com a mudança epistemológica que se esboça. Vejam-se os temas: Arquivo; Arte



Big data e as fronteiras da ciência: para decifrar processos sociais ou buscar informações nos confins do universo



GIANT MAGELLAN TELESCOPE - GMTO CORPORATION E LÉO RAMOS CHAVES / PESQUISA FAPESP

e tecnologia; Corpo, performance e estudos da presença; Espaço e tempo; Humano e não humano; Língua, discurso e sociedade; Memória e trauma; Novas historiografias e métodos; Novas textualidades, intermedialidades, transmedialidades; Patrimônio, acervos e coleções; e Questões de gênero, raça e etnia. E tome-se o exemplo de apenas três perguntas sugeridas no tema Humano e não humano, no conjunto de 69 dos 11 temas: “(1) de que modo a ascensão de bots, ciborgues e de Inteligências Artificiais modifica as condições sociais do processo de produção de sentidos da linguagem, no que toca à circulação e ao alcance de discursos?; (2) como o rompimento da dicotomia humano-tecnologia pode promover a emergência de outro ambiente estético e ético?; (3) como a quebra da distinção entre natureza e cultura pode promover novas relações com o ambiente?”. São o bastante para se perceber como elas avançam para problemas cruciais no horizonte do debate sobre o futuro da ciência e de suas práticas e das relações entre ciência e sociedade.

O ritmo de transformação da vida, pondera o diretor científico da FAPESP, Luiz Eugênio Mello, após destacar pontos básicos do LinCar, “torna urgentes as investigações sobre o ser humano — e o lugar da essência humana — em um universo em mutação”. Refere-se às visões utilitaristas que têm ganhado força nos últimos anos, não para refutar a importância de investir em pesquisas que buscam resolver problemas concretos imediatos, pelo contrário, e aborda a importância da pesquisa orientada à missão (ou seja, ligada a grandes temas e desafios que devem nortear o desenvolvimento do país), para em seguida lembrar que, ainda assim, “a ciência busca o conhecimento por si, independentemente da sua

aplicabilidade no presente”. Ele comenta o quanto as artes são fundamentais para se refletir sobre a condição humana e manifesta a certeza de que novos objetos de discussão científica irão surgir na própria medida do avanço da ciência.

No debate intenso sobre as mudanças em curso no modo de produzir conhecimento científico, o presidente da FAPESP, Marco Antonio Zago, ressalta a essencialidade da formação de “redes de colaboração entre cientistas de diferentes áreas do conhecimento para o progresso da ciência”. Zago fala inclusive a partir de sua experiência pioneira de participação nas primeiras grandes redes montadas pela FAPESP, ainda na segunda metade da década de 1990, ou seja, a do genoma da *Xylella fastidiosa* e a do genoma humano do câncer. Mas, a par da colaboração, ele considera também, de olhos postos no futuro, “cada vez mais urgente criar mecanismos para fortalecer a interação da ciência com a sociedade, por meio de projetos de pesquisa abertos à participação de representantes da sociedade civil”.

Novas estruturas de produção

Colaboração parece ser mesmo termo e prática-chave para visualizar um futuro que já começou, digamos assim, na reorganização dos campos e nas formas de produção científica que demandam um novo olhar, reflexões e diálogo renovado das humanidades com outras áreas do conhecimento científico. Só que nas dobras da palavra, ocultadas de sua acepção francamente positiva, aninham-se imagens de laboratórios fechados por obsolescência, equipamentos parados, linhas de experimentos suspensos, pesquisadores tornados desnecessários em múltiplas especialidades das ciências

biológicas, das exatas e até das engenharias. Em síntese, toda uma gigantesca base física e humana desmobilizada por uma revolução do conhecimento. Imagens tristes de sucateamento — será mesmo assim?

Um universo novo já vinha se anunciando há algum tempo, inclusive no Brasil. Faz anos que os laboratórios individuais, com aquele pesquisador cioso de seus domínios, que o trancava e levava a chave para casa ao sair, eram espectros do passado. Talvez desde que as agências de fomento, a FAPESP primeiro, desde 1995 em seu programa de infraestrutura, e o CNPq algum tempo depois, começaram a insistir na importância do financiamento aos equipamentos multiusuários. Ou mesmo desde que a agência paulista, ainda em 1990, lançou os temáticos, visando a objetivos de pesquisa mais ambiciosos e cooperação entre instituições. E vieram depois as redes de colaboração, os Cepids em São Paulo, os INCTs no Brasil, juntando cada vez mais pessoas e infraestrutura para a produção coletiva do conhecimento.

Aí um acontecimento precipitou as coisas. “A pandemia da Covid-19 escancarou algo que já se apresentava quando mostrou que é possível avançar de forma muito mais rápida e dentro de um esforço integrador muito mais amplo de práticas, de metodologias e de conhecimentos”, diz o sociólogo Glauco Arbix, professor da Universidade de São Paulo (USP). Ele foi um dos coordenadores do projeto da Rede Solidária de Pesquisa Covid-19, que juntou quase uma centena de pesquisadores de várias áreas do conhecimento em 2020 para examinar e propor políticas públicas de controle da pandemia, e é coordenador do Observatório da Inovação do Instituto de Estudos Avançados (IEA-USP).

Arbix entende que um ciclo que já se revelou virtuoso pode sê-lo ainda mais. “A complexidade da ciência foi potencializada pelo digital, que aumentou os sensores da ciência para receber zilhões de dados, processá-los, criando um universo que não é o da cabeça humana.” E se o conceito de *machine learning* pôde surgir nos anos 1950, quando não havia algoritmo sofisticado nem dados em profusão, hoje, com esses dois elementos disponíveis e abundantes, o que se assiste é à abertura de um novo ferramental, é mesmo a uma extensão da atividade humana, é à construção de um sistema híbrido de conectividade homem-máquina. Não que ele acredite que o robô vai substituir o trabalho humano, “a não ser em raras, poucas atividades”. O que ele vislumbra é parte da atividade do trabalho humano a cargo dos robôs. E na produção científica, com sua natureza já mudada, novas maneiras de testar e modificar conceitos. Arbix vê inclusive no fenômeno dos *preprints*, acelerado durante a pandemia, uma positividade, ainda quando as conclusões dos estudos publicados estejam erradas, dado que permitem reflexões.

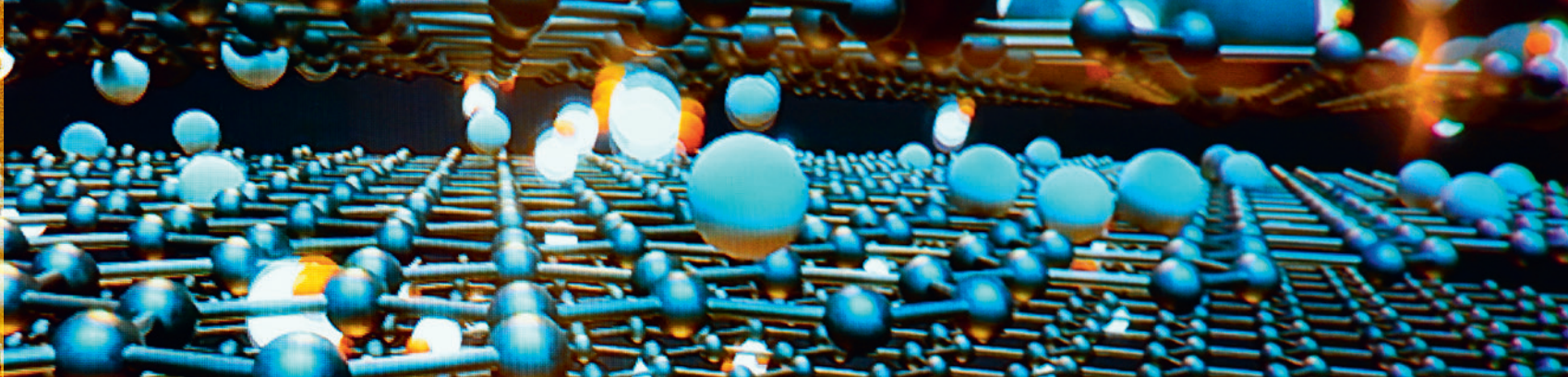
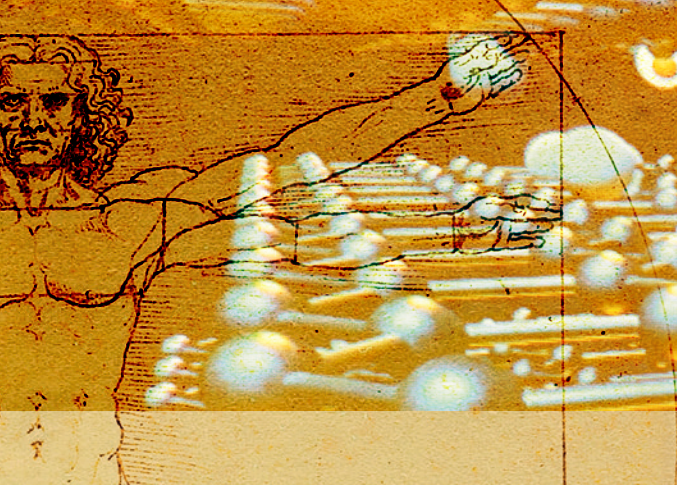
Duas outras questões importantes saltam das reflexões que ele vem desenvolvendo sobre esse momento da produção do conhecimento, que pode levar a uma ciência mais integradora e democrática. Primeiro, que quem não tiver a percepção da mudança em curso, sejam instituições, universidades, pesquisadores e até partidos políticos, vai ficar para trás. E, em segundo lugar, que o novo ciclo abre às humanidades a chance de superarem os *gaps* que tradicionalmente as afastaram das ciências duras. “Hoje, não há como trabalhar com inteligência artificial, robótica e *big data* sem o olhar da sociologia, da psicologia, da ética etc.”, ele diz. E vaticina

COM ALGORITMO SOFISTICADO E DADOS EM PROFUSÃO, HOJE SE ASSISTE À CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE CONECTIVIDADE HOMEM-MÁQUINA

que “toda a infraestrutura será remodelada porque a nova base da produção científica está exigindo isso e acelerando a obsolescência dos equipamentos”. Mas acrescenta que a beleza do ciclo científico e tecnológico que estamos vivendo é que ele contém a promessa de crescimento por saltos, para quem souber aproveitar as chances oferecidas, sejam grupos, universidades ou países.

Sacudida epistemológica

Vice-reitora da USP, a socióloga Maria Armanda do Nascimento Arruda entende que os desafios da conjuntura política, econômica, tecnológica e ambiental colocam em xeque a visão de que o conhecimento científico funciona melhor compactado em caixas. “A ideia de uma ciência especializada está posta em questão. Quando pensamos em tecnologia, inteligência artificial e outros avanços tão necessários, não podemos deixar de pensar nas ciências humanas. Quais são os limites éticos da tecnologia? Quais são seus desdobramentos



Beleza e harmonia em trânsito da arte à ciência: do *Homem Vitruviano*, de Da Vinci, à representação gráfica do grafeno

sociais?”, questiona. Ela defende uma centralidade das ciências humanas, qualquer que seja o tema. “A tecnologia deixada a si mesma põe em risco a humanidade. Temos que retomar a questão da vida humana e o que ela significa”, alerta.

Entretanto, o futuro da pesquisa nas áreas humanísticas e seu papel no desenvolvimento científico passam por um novo arranjo nas disciplinas e pela emergência de novos temas de interesse, na visão de Marcos Nobre, professor de filosofia na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e presidente do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebap). Desafios em relação ao clima, à política e à economia e propostas que levem em conta ganhos de produtividade, aumento da longevidade e qualidade de vida, entre outros temas, devem colocar os pesquisadores das ciências humanas em colaboração estreita com colegas de outras áreas. “A primeira coisa a ser pensada nas ciências humanas são os nós temáticos e disciplinares que colocam os maiores desafios hoje”, afirma.

Esses “nós” têm caráter interdisciplinar, de forma que as pesquisas serão moldadas no diálogo entre diversos campos do saber. “Isso requer clareza de que as humanas não farão consórcios interdisciplinares apenas dentro das ciências

humanas. É necessário superar barreiras entre as três áreas clássicas, ciências naturais, da vida e humanas”, enfatiza Nobre, em convergência com Arruda, para quem sociedades e questões mais complexas exigirão pesquisas amplas e colaborativas. “A reorganização da epistemologia já está acontecendo na medida em que a construção de problemas de pesquisa não é feita por soma, mas pressupõe relação interdisciplinar. Interdisciplinaridade é construir um problema de pesquisa que seja e possa ser explicado por meio da conexão entre disciplinas”, define.

O físico Marcelo Knobel, professor e ex-reitor da Unicamp (2017 e 2021), vê as ciências humanas num lugar insubstituível dentro da dinâmica do pensamento. “As áreas de humanas são absolutamente essenciais para a compreensão do universo, visões de mundo e das relações humanas e sociedades. Elas mostram como chegamos onde estamos, e isso faz parte de todo processo científico. É difícil pensar em uma área de pesquisa que não tenha algum componente das humanidades”, destaca.

Já para Renato Janine Ribeiro, professor de filosofia da USP, ex-ministro da Educação e presidente da Sociedade

Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), uma ligação mais viva das ciências humanas com as transformações sociais produzidas em larga medida pelo avanço do conhecimento científico seria altamente desejável. As humanidades ficaram muito aprisionadas no Brasil a uma agenda um tanto estreita, ainda que importante, deixando passar ao largo temas de grande impacto social. Ele cita, por exemplo, o aumento da expectativa de vida, tema pouquíssimo discutido e investigado em seus impactos pelos pesquisadores das humanas. “Houve um salto exponencial da expectativa de vida, que praticamente dobrou em 120 anos. Estamos perdendo a oportunidade de discutir os ganhos da expectativa de vida e o que ela proporciona”, observa. Relação dessa duração média da vida com o sistema do trabalho, uso do tempo, ócio, valor e sentido do lazer e a configuração da previdência social, em vez de pensá-la em termos de déficit da previdência, são temas que deveriam estar no radar de antropólogos, sociólogos, filósofos e afins e produzir efeitos reais, concretos para a sociedade, em sua visão. “Porque são questões que tocam no sentido da vida. Qual é o sentido da existência se eu tiver que passar a vida toda mourejando, para depois, bem no final, poder finalmente fazer um turismo? Por que não investigar as possibilidades de um sistema de aposentadorias temporárias, escalonadas desde a juventude, combinando a possibilidades de turismo na fase de maior vigor físico?”, provoca.

Emergências temáticas

Existem temas em que o instrumental teórico e metodológico das humanidades possibilita a realização de pesquisas com

profundidade e rigor necessários para propor e investigar questões importantes para o futuro coletivo. A comunicação digital e suas tecnologias compõem um desses campos especialmente férteis. O jornalista Eugênio Bucci, professor de comunicação e atual superintendente de comunicação da USP, propõe que o lugar da comunicação no arranjo econômico global a situa como tema central para a ciência.

“A comunicação é hoje o núcleo duro do capitalismo. As empresas de maior valor na história do capitalismo são as que estão na fronteira mais avançada da exploração da comunicação, como Apple, Google e Meta. Ela deixou de ser a periferia do modo de produção para tornar-se o epicentro”, diz. O próprio estudo da comunicação tem suas facetas interdisciplinares: inteligência artificial e *machine learning*, por exemplo, são tecnologias desenvolvidas à base de muito cálculo, mas que não podem prescindir das ciências humanas. De que valeria, afinal, um robô que aprendeu a falar se não sabemos o que é e para que serve a linguagem? “Não há como compreender o humano sem compreender a linguagem. E o suprasumo da tecnologia brilha quando o assunto é linguagem e comunicação”, observa Bucci.

O impacto da comunicação digital na sociedade também é tema em alta. *Fake news*, algoritmos que viralizam determinados conteúdos em detrimento de outros e *deep fakes* têm força para “fazer a cabeça” de muita gente em inúmeros assuntos, da política à saúde. Faz-se urgente analisar e compreender essas novas dinâmicas. E é Nobre, com sua percepção filosófica, quem propõe que, se existem a lógica do algoritmo da atenção e uma vida regida por métricas, esse tipo de regência tem consequências sociais que precisam

ser investigadas. “Como essa sociabilidade se compara a formas anteriores e afeta a sociedade hoje? De que maneira a sociabilidade digital muda a maneira como as pessoas fazem política, como as famílias se organizam e as pessoas se relacionam amorosamente? Ou como o Estado se organiza?”, questiona Nobre. Para ele, esse tipo de investigação deve trazer dois resultados: o primeiro é a identificação de tendências e o segundo, a descoberta de quais caminhos podem ser tomados.

A pandemia de Covid-19 fomentou o surgimento de consórcios para pesquisa e divulgação científica. Esse modelo colaborativo engajou profissionais da saúde, jornalistas, estatísticos, economistas, cientistas sociais e outras categorias profissionais nos esforços para compreender a pandemia, conter o coronavírus e embasar políticas públicas, tudo com vistas a proteger a população. “Ficou claro que ou teríamos uma convergência das áreas para avaliar o andamento da pandemia, junto com as respostas dos governos e das entidades internacionais, ou não se entenderia nada. Isso envolve conhecimentos muito especializados, e cada área sozinha não dava conta”, diz Nobre. Iniciativas desse tipo podem se multiplicar no futuro, com ênfase na divulgação científica. “Acredito que deveríamos ter como um eixo privilegiado na universidade a comunicação pública da ciência. Entender e praticar uma comunicação pública eficiente deveria ser a regra para qualquer área do conhecimento”, acredita Knobel.

E existem outros motivos para acreditar em um futuro no qual a pesquisa será articulada entre várias áreas. Se os desafios enfrentados são coletivos, a busca de soluções também devem sê-lo. Doenças sem tratamentos disponíveis, eventos climáticos extremos e acesso a saneamento básico

**AS CIÊNCIAS HUMANAS
PRECISAM TER A AMBIÇÃO
DE CONSTRUIR UM FUTURO
MELHOR. A SUPERAÇÃO
DA INJUSTIÇA SOCIAL VEM
JUNTO COM O AVANÇO
CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**

e à alimentação integram o rol de assuntos de caráter econômico e social em que as ciências humanas precisam trabalhar em contato com outras. Se o acesso à saúde, comida e esgoto é desigual, como o avanço técnico e científico deve olhar para essas questões? “O tema da desigualdade precisa ser aprofundado. A pobreza, a precarização do trabalho, a educação que não foi capaz de acompanhar as novas necessidades do trabalho e a tecnologia. Temos que repensar esses campos”, acredita Arruda. Janine tem visão semelhante. Para ele, as ciências humanas precisam ter a ambição de construir um futuro melhor. “A superação da injustiça social vem junto com o avanço científico e tecnológico mundial, e essas ambições têm sido raras. Ficamos discutindo resolução de problemas, mas não a melhoria da vida”, diz.

O diálogo com as ciências exatas e da vida deve colocar em perspectiva o custo humano de avanços tecnológicos cujos efeitos são desiguais. “As ciências da saúde são em

grande parte responsáveis pela melhoria das condições de vida. Deveríamos conversar com eles, discutir a reforma da previdência como algo que vai além de simplesmente se aposentar mais tarde. Com as engenharias, temos que conversar sobre a apropriação social do conhecimento. Temos que deixar claro que os ganhos de produtividade impactam a sociedade de maneira desigual e que precisamos lidar com isso para que diferentes pessoas tenham acesso parecido a esses ganhos”, reforça Janine. Ousadia temática, espírito colaborativo e interlocuções devem guiar a pesquisa do futuro. “Acho que as nossas instituições devem atuar para conseguir implementar essa interdisciplinaridade e multidisciplinaridade tão faladas. Na prática ainda há dificuldades, e devemos trabalhar para avançar qualitativa e quantitativamente”, acredita Knobel. Mas ele compreende que “áreas diferentes têm linguagens e métodos diferentes, e é preciso dar um tempo para que essa acomodação aconteça.”

Consórcios e projetos temáticos devem ser construídos nos próximos anos, de olho nas possibilidades de pesquisa e temas emergentes. “Os tempos são bons para as humanidades, e não entender isso é problemático. O campo científico coloca hierarquias, mas a mudança que estamos vivendo repõe essas hierarquias e constrói novos problemas, que você não explica no campo dos estudos especializados”, propõe a vice-reitora da USP. E se há que se ter também uma boa dose de curiosidade e atrevimento na fabricação do futuro, nesse quesito, Bucci acredita, os cientistas têm muito a aprender com os artistas. Afinal, a arte serve para lançar chamadas sobre as perguntas que contam. _____



FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Ronaldo Aloise Pilli

CONSELHO SUPERIOR

Dimas Tadeu Covas, Helena Bonciani Nader, Ignácio Maria Poveda Velasco, Liedi Legj Bariani Bernucci, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Thelma Krug, Vanderlan da Silva Bolzani

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

DIRETOR-PRESIDENTE

Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO

Luiz Eugênio Mello

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

**FAPESP 60 ANOS
CIÊNCIA, CULTURA
E DESENVOLVIMENTO**

EDITOR-CHEFE

Carlos Vogt

EDITORES-EXECUTIVOS

Herton Escobar, Mariluce Moura, Mayumi Okuyama (arte)

REPORTAGEM

Bruno de Pierro, Laura Araújo, Ricardo Muniz

INFOGRAFIA

Glauco Lara

PESQUISA ICONOGRÁFICA

Vladimir Sacchetta

DESIGNER

Felipe Braz (digital)

ILUSTRAÇÃO

Cássia Roriz

REVISÃO

Mauro de Barros

60ANOS.FAPESP.BR/LIVRO

