

Pesquisa

FAPESP

SETEMBRO DE 2017 | ANO 18, N. 259

Homo sapiens teria ocupado Mato Grosso há 27 mil anos

Análises de trechos de DNA aprofundam diagnóstico de doenças genéticas

Tradições ditam o uso de ferramentas entre macacos do Piauí

Mata Atlântica volta a crescer no Vale do Paraíba

Indústria começa a prestar serviços para usuários de seus produtos

ENTREVISTA
Ataliba Castilho: o dono da língua é o falante, e não o gramático



A INTERNET ESTÁ NAS COISAS

Tecnologias que criam ambientes conectados mobilizam empresas e pesquisadores brasileiros para transformar a indústria, o agronegócio, a saúde e as cidades

> MANUFATURA AVANÇADA ATRAI STARTUPS

Pesquisa
FAPESP ▾



O QUE A CIÊNCIA
BRASILEIRA
PROCURA VOCÊ
ENCONTRA AQUI

12
EDIÇÕES
POR
R\$ **100**

Sua pesquisa rende imagens bonitas? Mande para imagempesquisa@fapesp.br
Seu trabalho poderá ser publicado na revista.



No fundo do Amazonas

Em julho deste ano, uma equipe de pesquisadores de várias instituições brasileiras embarcou no navio norte-americano Alucia para registrar recifes de coral na margem equatorial do rio Amazonas e na zona marítima afetada por ele, do Amapá ao Maranhão. “A biodiversidade se altera quanto mais se vai para oeste, em função da influência do rio”, explica o biólogo Gilberto Amado, do JBRJ. Na foto, ele (*ao fundo*) se prepara para mergulhar até 300 metros de profundidade no cânion do Amazonas, junto com o piloto do submersível. “Nas profundidades maiores não tem muita diversidade, os mergulhos mais interessantes acontecem até 150 metros.”

Imagem enviada pelo biólogo marinho Fernando Moraes, pesquisador do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ)



CAPA

Internet das Coisas promete aumentar a produtividade e impulsionar empresas inovadoras

p. 18

Centros de pesquisa e startups investem em manufatura avançada no país

p.24

Economista coreano Keun Lee fala da ascensão e da queda de líderes tecnológicos

p. 28

POLÍTICA DE C&T

36 Ambiente

Estudo mostra por que a Mata Atlântica se recupera no Vale do Paraíba

40 Colaboração

Pesquisas feitas com a participação de leigos ganham espaço

44 Periódicos

Acesso aberto a artigos publicados por revistas científicas do Brasil é significativo

CIÊNCIA

48 Medicina

Sequenciamento de trechos de DNA aprofunda diagnóstico e revela genes causadores de doenças

52 Etologia

Uso de ferramentas por macacos-prego ajuda a repensar o papel das tradições na evolução



57 Ciências atmosféricas

Poluição diminuiu na Região Metropolitana de São Paulo

64 Entrevista

O físico Robert Myers explica por que é tão difícil unificar as teorias que descrevem forças do Universo

TECNOLOGIA

73 Engenharia biomédica

Empresas produzem equipamentos hospitalares para problemas pulmonares

76 Pesquisa empresarial

Fibraforte desenvolve propulsores para satélites

80 Fotônica

Luz de LEDs em ovos férteis de galinha faz os embriões crescerem mais rapidamente

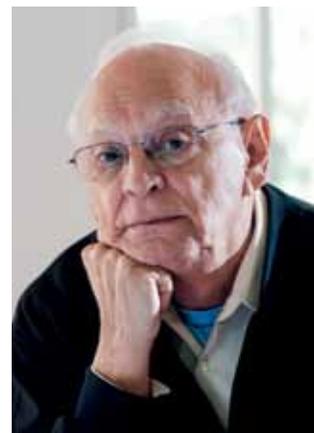
HUMANIDADES

82 Arqueologia

Sítio indica presença do homem há mais de 25 mil anos em Mato Grosso

87 Difusão

Evento na Grécia debateu formas de divulgação da ciência



ENTREVISTA

Ataliba de Castilho

Linguista diz que norma culta incorporou muitos “erros” do português falado no Brasil

p. 30



Botânica

Especialistas descobrem novas espécies de plantas em expedição a montanhas na Amazônia

p. 60

Engenharia de produção

Sistema privilegia serviços e cria novos desafios para a indústria

p. 68



SEÇÕES

3 Fotolab

6 Comentários

7 Carta da editora

8 Boas Práticas

Universidades são a arena decisiva para combater a má conduta, diz editorial da *Science*

11 Dados

Mulheres na ciência

12 Notas

91 Memória

Primeira lei de patentes estimulou a atividade inventiva no Brasil no século XIX

94 Resenhas

Cartas provincianas: Correspondência entre Gilberto Freyre e Manuel Bandeira, de Silvana Moreli Vicente Dias (org.). Por Emerson Tin *Dicionário de história da África – Séculos VII a XVI*, de Nei Lopes e José Rivair Macedo. Por Omar Ribeiro Thomaz

96 Carreiras

Expansão da Indústria 4.0 deverá criar novas demandas de formação

Ilustração da capa
Oliver Burston / Getty Images

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

No site de *Pesquisa FAPESP* estão disponíveis gratuitamente todos os textos da revista em português, inglês e espanhol, além de conteúdo exclusivo

VÍDEOS

YOUTUBE.COM/USER/PESQUISAFAPESP



Wanda Hanke viajou sozinha pela América do Sul no começo do século XX para estudar indígenas
bit.ly/vWandaHanke



Balões podem levar conectividade a lugares remotos bit.ly/vbalaointernet

RÁDIO BIT.LY/PESQUISABR

Empreendedores falam sobre projetos financiados por programa da FAPESP
bit.ly/pbrPIPE20



Conteúdo a que a mensagem se refere:

-  Revista impressa
-  Reportagem on-line
-  Galeria de imagens
-  Vídeo
-  Rádio

CONTATOS

revistapesquisa.fapesp.br

redacao@fapesp.br

 PesquisaFapesp

 PesquisaFapesp

 pesquisa_fapesp

 Pesquisa Fapesp

 pesquisafapesp

 cartas@fapesp.br

R. Joaquim Antunes, 727
10º andar
CEP 05415-012
São Paulo, SP

Assinaturas, renovação e mudança de endereço

Envie um e-mail para assinaturaspesquisa@fapesp.br ou ligue para (11) 3087-4237, de segunda a sexta, das 9h às 19h

Para anunciar

Contate: Paula Iliadis
Por e-mail: publicidade@fapesp.br
Por telefone: (11) 3087-4212

Edições anteriores

Preço atual de capa acrescido do custo de postagem.
Peça pelo e-mail: clair@fapesp.br

Licenciamento de conteúdo

Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.
Por e-mail: mpiliadis@fapesp.br
Por telefone: (11) 3087-4212

COMENTÁRIOS cartas@fapesp.br

Artigos científicos

 O cientista tem a ideia original. É financiado com dinheiro público, muitas vezes dentro de uma instituição pública. Faz os experimentos, analisa os dados e escreve o artigo que, por fim, é revisado de graça pelos pares. Tudo que as editoras fazem é hospedar o texto em PDF em algum servidor com *paywall*. Quase sempre o público (que financiou a pesquisa) e muitas vezes o próprio pesquisador (autor do trabalho) não detêm os direitos sobre o conhecimento gerado. O conhecimento deveria ser gratuito e para todos (sobre a nota “Corte dos EUA multa em US\$ 15 milhões sites que pirateiam artigos”).

Ricardo Oliveira

Energia solar

 Para aproveitar nos edifícios e no planejamento urbano (relativo à reportagem “Para aproveitar o Sol”, edição 258).

Cláudia Naves David Amorim

Pipe 20 anos

 Sobre a reportagem “Pipe 20 anos” (edição 257), esse é o tipo de investimento em ciência que traz benefícios para a população.

Tomaz Puga Leivas

Vídeos

 Parabéns pelo vídeo “Internet para todos”. — Elon Musk, dono da montadora de carros elétricos Tesla, também tem interesse em levar internet para qualquer lugar do mundo, mas com o uso de satélites.

Esley Moreira

 Muito legal saber como se conhece a idade de aproximada de uma árvore (vídeo “A saúde das árvores urbanas”).

Ruth Claudia

 Um simples experimento mostrando coisas importantíssimas para a ciência (vídeo “Astrofísica na banheira”). Parabéns!

Allan Guglielmi Herlinger

 O legal é a criatividade para bolar um experimento simples, mas com as características ideais para comparação do fenômeno físico.

Angni Agni

 Vídeo incrível, todos que possuem um mínimo de curiosidade deveriam ver.

Renan Souza Sá

Correções

Na nota “A mãe de todas as flores” (edição 258) o nome correto da pesquisadora da Universidade de São Paulo é Juliana El Ottra.

O significado da sigla LNBio é Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) e não de Biologia, como foi publicado na reportagem “A era da edição genômica” (edição 258).

A foto da página 85 que ilustra a reportagem “A periferia por ela mesma” (edição 258) é de uma quadra na região do Grajaú, em São Paulo, e não na favela Peri. O autor é Erick Diniz.

Sua opinião é bem-vinda. As mensagens poderão ser resumidas por motivo de espaço e clareza.

A mais lida de agosto no Facebook

ATLAS

Para aproveitar o Sol bit.ly/energ solar258

 49.458 pessoas alcançadas

 2.032 reações

 111 comentários

 442 compartilhamentos



CONSELHO SUPERIOR

CARMINO ANTONIO DE SOUZA, EDUARDO MOACYR KRIEGER, FERNANDO FERREIRA COSTA, JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA, JOÃO GRANDINO RODAS, JOSÉ GOLDEMBERG, MARILZA VIEIRA CUNHA RUDJE, JOSÉ DE SOUZA MARTINS, PEDRO LUIZ BARREIROS PASSOS, PEDRO WONGTSCHOWSKI, SUELY VILELA SAMPAIO

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

CARLOS AMÉRICO PACHECO
DIRETOR-PRESIDENTE

CARLOS HENRIQUE DE BRITO CRUZ
DIRETOR CIENTÍFICO

FERNANDO MENEZES DE ALMEIDA
DIRETOR ADMINISTRATIVO

CONSELHO EDITORIAL

Carlos Henrique de Brito Cruz (Presidente), Caio Túlio Costa, Eugênio Buccì, Fernando Reinach, José Eduardo Krieger, Luiz Davidovich, Marcelo Knobel, Maria Herminia Tavares de Almeida, Marisa Lajolo, Mauricio Tuffani, Mônica Teixeira

COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Henrique Lopes dos Santos (Presidente), Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Carlos Américo Pacheco, Carlos Eduardo Negrão, Fabio Kon, Francisco Antônio Bezerra Coutinho, Francisco Rafael Martins Laurindo, José Goldemberg, José Roberto de França Arruda, José Roberto Postali Parra, Lucio Angnes, Luiz Nunes de Oliveira, Marie-Anne Van Sliuys, Maria Julia Manso Alves, Paula Montero, Roberto Marcondes César Júnior, Sérgio Robles Reis Queiroz, Wagner Caradori do Amaral, Walter Colla

COORDENADOR CIENTÍFICO
Luiz Henrique Lopes dos Santos

DIRETORA DE REDAÇÃO
Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE
Nelson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (Política de C&T), Marcos de Oliveira (Tecnologia), Ricardo Zorzetto (Ciência), Carlos Fioravanti e Marcos Pivetta (Editores especiais), Maria Guimarães (Site), Bruno de Pietro (Editor-assistente)

REPÓRTERES Yuri Vasconcelos e Rodrigo de Oliveira Andrade

REDATORES Jayne Oliveira (Site) e Renata Oliveira do Prado (Mídias Sociais)

ARTE Mayumi Okuyama (Editora), Ana Paula Campos (Editora de infografia), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia Felli (Assistentes)

FOTÓGRAFOS Eduardo Cesar e Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valter Rodrigues

RÁDIO Sarah Caravieri (Produção do programa Pesquisa Brasil)

REVISÃO Alexandre Oliveira e Margô Negro

COLABORADORES Alicia Ivanissevich, Bárbara Malagoli, Diego Freire, Domingos Zapparoli, Elisa Carareto, Emerson Tin, Everton Lopes, Evanildo da Silveira, Fabio Otubo, Omar Ribeiro Thomaz, Patrícia Santos, Sandra Javera

É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE TEXTOS, FOTOS, ILUSTRAÇÕES E INFOGRÁFICOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO

TIRAGEM 25.700 exemplares
IMPRESSÃO Plural Indústria Gráfica
DISTRIBUIÇÃO DINAP

GESTÃO ADMINISTRATIVA FUSP – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PESQUISA FAPESP Rua Joaquim Antunes, nº 727, 10º andar, CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP

FAPESP Rua Pio XI, nº 1.500, CEP 05468-901, Alto da Lapa, São Paulo-SP

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Um novo modelo industrial?

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Diferentemente das outras revoluções industriais, assim classificadas *a posteriori*, a quarta foi anunciada previamente, em 2011: a Indústria 4.0 foi apresentada na Alemanha, o mais industrial dos países mais ricos, como um projeto para promover a competitividade por meio da aplicação maciça de novas tecnologias na manufatura.

Também chamada de manufatura avançada, a Indústria 4.0 não tem uma definição consensual, mas envolve fábricas inteligentes com o uso combinado de tecnologias como Internet das Coisas, análise de big data, digitalização da manufatura e inteligência artificial. Alguns dos seus princípios básicos são resposta em tempo real, descentralização, interoperabilidade e orientação ao serviço. As mudanças devem ocorrer em todas as etapas da produção e do consumo, produzindo efeitos significativos na economia mundial.

O papel e as possibilidades do Brasil nesse novo contexto ainda estão sendo construídos. O seu desempenho depende, em grande parte, da base industrial e de elementos humanos como o espírito empreendedor, a qualidade de sua força de trabalho e a base de conhecimento das universidades, institutos e organizações produtoras e difusoras de conhecimento. O país não tem uma indústria eletrônica robusta, importante para a manufatura avançada, e seus esforços tecnológicos são relativamente modestos, mais baseados na reprodução de processos e produtos já existentes. A manufatura avançada também está associada a um consumo informado, o que é difícil em uma sociedade com baixo nível de escolaridade e renda. Mas o país possui uma indústria suficientemente grande, diversificada e integrada que lhe permite aspirar a ter

um modelo de Indústria 4.0 com participação relevante de conhecimento.

Esta edição trata dessa promessa de novo paradigma industrial por várias perspectivas. A reportagem de capa apresenta o conceito de manufatura avançada e alguns exemplos que começam a surgir no Brasil (página 24). Esse novo modelo deve afetar as relações de trabalho e mudar as demandas por qualificações profissionais, tema da seção Carreiras (página 96). Reportagem na página 18 destaca uma das tecnologias que a sustenta, a Internet das Coisas. Em entrevista à revista durante sua passagem pelo Brasil (página 28), o economista coreano Keun Lee, presidente da International Schumpeter Society, falou sobre assuntos que permeiam a discussão, como os ciclos de mudança de liderança em setores da indústria.

Um fenômeno que está relacionado às mudanças na manufatura é o PSS, ou Product-Service System, ou servitização (página 68). Nessa nova proposição, as tradicionais vendas de bens como eletrodomésticos são substituídas por um sistema comercial no qual o cliente paga pelo usufruto e a empresa continua proprietária do bem e responsável pela sua manutenção e descarte.

Deixando de lado a alta tecnologia, uma leitura instigante é a entrevista do linguista Ataliba Castilho (página 30), concedida ao editor Carlos Fioravanti. O estudioso da língua falada e do português brasileiro fala de mudanças recentes identificadas na oralidade – por exemplo, o plural sendo expresso apenas no artigo, e não no substantivo, como em “os menino” – com a naturalidade de quem observa o idioma como um objeto vivo de estudo, e não da perspectiva apenas de guardião da língua culta.

BOAS PRÁTICAS



O papel decisivo das universidades

Instituições de ensino e pesquisa são a arena mais importante para combater a má conduta, afirma editorial publicado na revista *Science*

O debate sobre o papel de universidades, revistas científicas e agências de fomento na promoção da integridade científica teve uma espécie de freio de arrumação em um editorial publicado na revista *Science* no dia 11 de agosto, assinado por dois vice-presidentes da Universidade Columbia, em Nova York. No texto, disponível em bit.ly/stepquality, a advogada Naomi Schrag e o geofísico Graham Michael Purdy disseram estranhar o silêncio dos reitores e dirigentes acadêmicos na discussão sobre as responsabilidades de diversos atores da comunidade científica no combate à má conduta – e lembraram que as universidades são a arena decisiva na promoção de padrões elevados de qualidade de pesquisa. Segundo o editorial, as instituições acadêmicas não devem terceirizar para editores de revistas, financiadores e sociedades científicas o trabalho de garantir que a base da ciência seja sólida e os resultados, válidos. “As agências, os periódicos e as sociedades não estão dentro de laboratórios, não fazem pesquisa clínica nem saem a campo. Não analisam dados,

escrevem artigos ou produzem imagens”, escreveram Schrag e Purdy. Na avaliação da dupla de Columbia, os líderes das universidades dispõem das ferramentas adequadas para promover as boas práticas e garantir a acurácia dos resultados de pesquisa.

Indicadores de qualidade rotineiramente alardeados pelas universidades, como a capacidade de obter financiamento e de publicar artigos em revistas de alto impacto, dependem de uma base sólida de metodologias robustas e de resultados divulgados de forma transparente, afirmaram no texto. “As universidades devem reforçar publicamente o valor da qualidade da pesquisa, utilizando-a como critério para processos de seleção, promoções e recompensas. Também devem garantir recursos para difundir essa mensagem entre estudantes e pessoal de todos os níveis, por meio de treinamento em planejamento de experimentos e análise de dados.”

O ponto de partida, disseram, é não ignorar o problema e inculcar em seus pesquisadores a percepção de que a má conduta

e a reprodutibilidade – o desafio de confirmar os resultados de um estudo em pesquisas subsequentes – são problemas reais.

A ideia de que o combate à má conduta exige uma ação coordenada entre universidades, editores de revistas e agências de apoio à pesquisa foi um dos motes principais do relatório *Promovendo a integridade na pesquisa*, divulgado em abril pelas Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos (ver Pesquisa FAPESP nº 255). A necessidade de articular esforços também foi debatida em maio no 5º Congresso Mundial de Integridade Científica, realizado em Amsterdã, Holanda. Um documento lançado no evento propôs novas diretrizes para coordenar o trabalho de editores de periódicos e universidades no enfrentamento de casos de má conduta (ver Pesquisa FAPESP nº 256).

REFORÇO

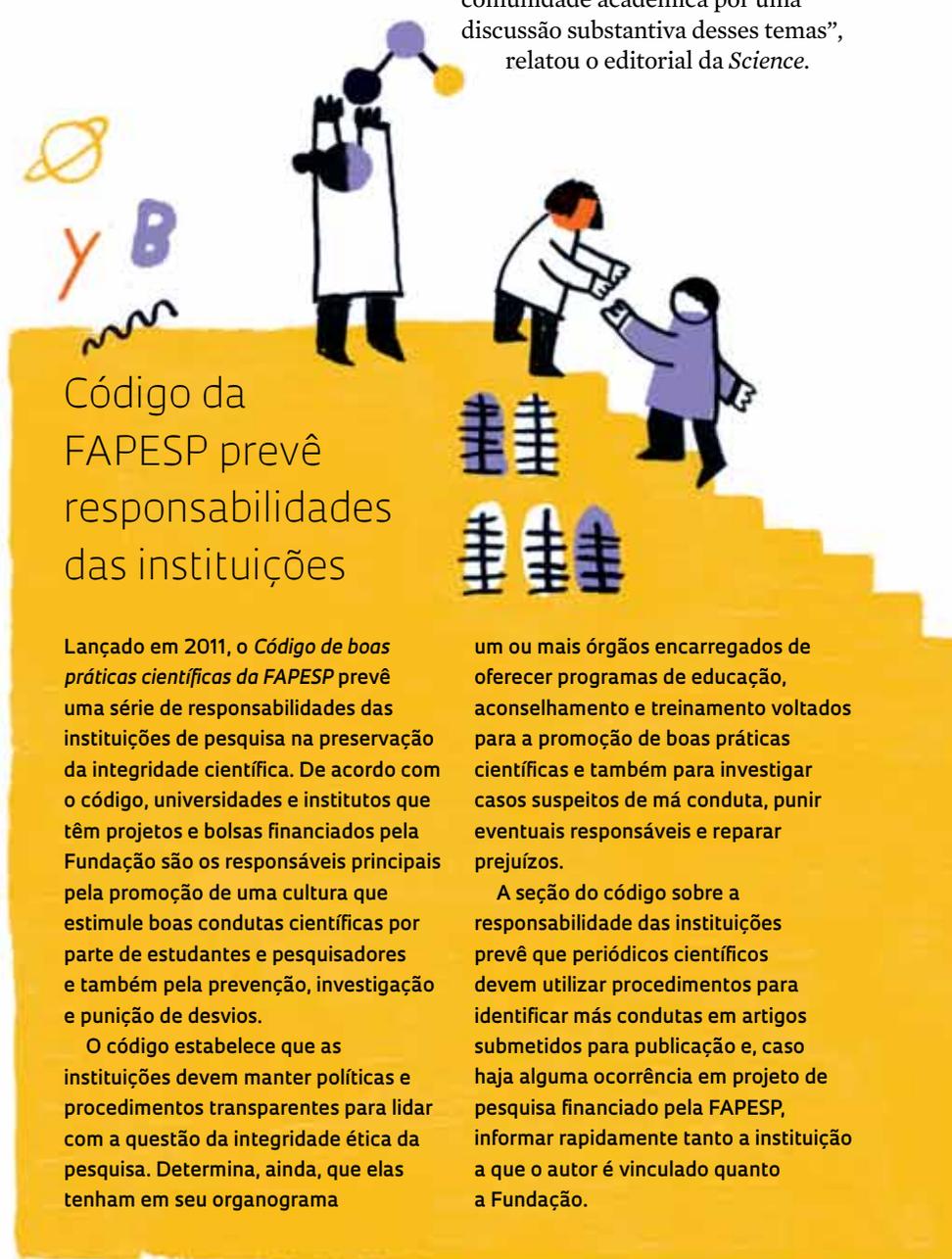
Para Schrag e Purdy, as soluções para enfrentar o problema já são conhecidas, mas precisam ser reforçadas: “As universidades devem fortalecer seus escritórios de integridade científica, revisar e melhorar seus programas de treinamento em boas práticas e desenvolver programas proativos para prevenir a má conduta”. Eles também sugeriram empenho especial das universidades em duas searas: a orientação de alunos e jovens pesquisadores e o gerenciamento de dados. No caso da orientação, um exemplo que consideram inspirador é o programa de treinamento de mentores criado em 2003 pela Universidade de Wisconsin, Madison, que já foi testado e bem avaliado por 16 centros de pesquisa médica. A iniciativa, apoiada pelo Howard Hughes Medical Institute, propõe que os mentores exponham os alunos a noções de boas práticas o mais precocemente possível, usem situações concretas para mostrar quais são os tipos de má conduta científica e cultivem uma relação de confiança e proximidade com os orientandos, sempre respeitando padrões éticos a fim de evitar

situações que possam configurar abuso de autoridade.

Já no campo do gerenciamento de dados, um modelo apontado como promissor é o programa Integridade de Pesquisa e de Dados, da Universidade Columbia (research.columbia.edu/ReaDI-Program), que oferece aos pesquisadores uma coleção exaustiva de tutoriais, modelos e manuais para ajudar na condução da pesquisa, no gerenciamento de dados e no cumprimento de requisitos que garantam a reprodutibilidade dos resultados. Criado pela própria Naomi Schrag, responsável pelo treinamento e pelos programas de integridade científica da instituição, o programa

também fornece orientação sobre como criar um plano de gerenciamento de dados de pesquisa, além de armazenar, compartilhar e preservar as informações.

O interesse pelo assunto é crescente. Em 9 de dezembro de 2016, a Universidade Columbia sediou um simpósio, promovido em parceria com outras cinco universidades de Nova York, para discutir a credibilidade, a reprodutibilidade e a integridade da pesquisa. “A resposta positiva e a participação vigorosa de palestrantes e participantes, entre os quais professores, estagiários, editores de revistas, líderes acadêmicos e autoridades, refletiram a fome da comunidade acadêmica por uma discussão substantiva desses temas”, relatou o editorial da *Science*.



Código da FAPESP prevê responsabilidades das instituições

Lançado em 2011, o *Código de boas práticas científicas da FAPESP* prevê uma série de responsabilidades das instituições de pesquisa na preservação da integridade científica. De acordo com o código, universidades e institutos que têm projetos e bolsas financiados pela Fundação são os responsáveis principais pela promoção de uma cultura que estimule boas condutas científicas por parte de estudantes e pesquisadores e também pela prevenção, investigação e punição de desvios.

O código estabelece que as instituições devem manter políticas e procedimentos transparentes para lidar com a questão da integridade ética da pesquisa. Determina, ainda, que elas tenham em seu organograma

um ou mais órgãos encarregados de oferecer programas de educação, aconselhamento e treinamento voltados para a promoção de boas práticas científicas e também para investigar casos suspeitos de má conduta, punir eventuais responsáveis e reparar prejuízos.

A seção do código sobre a responsabilidade das instituições prevê que periódicos científicos devem utilizar procedimentos para identificar más condutas em artigos submetidos para publicação e, caso haja alguma ocorrência em projeto de pesquisa financiado pela FAPESP, informar rapidamente tanto a instituição a que o autor é vinculado quanto a Fundação.

Como lidar com um autor punido por má conduta

A revista *Nature Plants* utilizou o editorial da edição de junho para comentar um artigo assinado pelo biólogo Patrice Dunoyer, pesquisador do Instituto de Biologia Molecular de Plantas do Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS) da França. O editorial, contudo, não tratava do achado do *paper* – a descrição de um mecanismo utilizado por um vírus que ataca o amendoim –, mas justificava o fato de a revista ter aceito o manuscrito para a publicação. Ocorre que o grupo do CNRS a que Dunoyer pertencia até 2015, liderado por Olivier Voinnet, envolveu-se em um escândalo de duplicação e manipulação de imagens que levou à retratação de oito artigos científicos em revistas como *Science*, *The Embo Journal* e *Plant Cell* e a correções em outros 20 *papers*. Voinnet foi suspenso por dois anos do CNRS e condenado a passar três anos sem financiamento da Fundação Nacional de Ciência da Suíça. Dunoyer, que era o primeiro autor de três dos artigos retratados, foi suspenso por um mês e perdeu seu laboratório – embora o CNRS alegue que a desativação não teve relação com o caso de manipulação.

O editor-chefe da *Nature Plants*, Chris Surridge, comparou no editorial a manipulação de dados com o doping no esporte, explicou o processo que levou à punição já cumprida por Dunoyer e informou que a revista não tomou cuidados extras com o artigo do biólogo francês além dos que já valem para todos os artigos aceitos para publicação: quatro especialistas na área analisaram o manuscrito em duas rodadas de revisão e os dados brutos usados para produzir as figuras foram disponibilizados junto com o artigo. “As decisões sobre publicação são tomadas com base na pesquisa submetida e na

avaliação por pares”, disse Sunridge à revista *The Scientist*. “Não é nossa tarefa investigar má conduta científica ou aplicar sanções. Nosso papel é garantir que manuscritos submetidos e publicados sejam tão acurados e confiáveis quanto possível, independentemente de quem seja o autor.”

A publicação do editorial mostra que não existe um consenso entre editores de revistas sobre o que fazer numa situação dessas. Em 2011, a Sociedade Americana de Microbiologia proibiu o médico Ramón Cisterna, do Hospital Barsuto, em Bilbao, Espanha, de publicar artigos em suas revistas durante dois anos, depois que ele admitiu ter plagiado um artigo do brasileiro Arnaldo Lopes Colombo, professor da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).



Bernd Pulverer, editor-chefe do *Embo Journal*, disse à *The Scientist* que não deixaria de receber um manuscrito como o de Dunoyer, mas tomaria cuidados adicionais, como uma análise além da avaliação rotineira e a exigência de que fossem apresentados os dados brutos da pesquisa, o que não é obrigatório na sua publicação.

Médico francês é condenado por conflito de interesses

O pneumologista francês Michel Aubier, de 69 anos, foi condenado a pagar multa de € 50 mil e a seis anos de prisão, com direito a recorrer em liberdade, por mentir em uma audiência no Senado da França. Há dois anos, Aubier deu um depoimento a parlamentares minimizando os riscos à saúde causados pela poluição do ar. Ele afirmou que a ligação entre o câncer pulmonar e a poluição, incluindo a fumaça de óleo diesel, é “extremamente fraca”. Assegurou que não tinha nenhum conflito de interesse nem vínculo com empresas, mas os jornais franceses *Le Canard Enchaîné* e *Libération* mostraram, meses depois, que desde 1997 o nome do médico estava na folha de

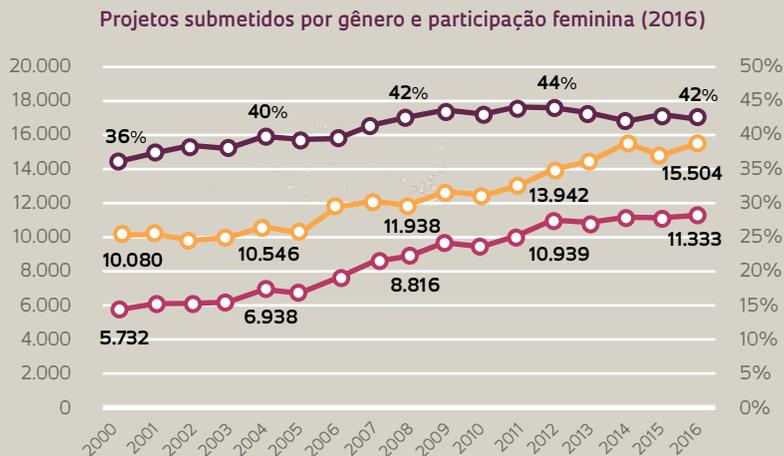
pagamentos da petrolífera Total e que ele tinha € 150 mil em ações da empresa. Aubier foi chefe do Departamento de Pneumologia do Hospital Bichat-Claude Bernard, em Paris, e professor da Universidade Paris Diderot.

Em março de 2016, o médico afirmara em uma entrevista que a poluição não é cancerígena, exceto em concentrações muito altas e principalmente no caso dos fumantes. Um grupo de médicos franceses publicou uma resposta indignada, enumerando evidências que vinculam a poluição ao câncer.

Ao proferir a sentença, a juíza Evelyne Sire-Marín enfatizou a gravidade de mentir sobre um assunto de interesse público.

PARTICIPAÇÃO FEMININA EM PROJETOS SUBMETIDOS À FAPESP

Entre 2000 e 2016, a participação feminina subiu de 36% para 42% entre os responsáveis por projetos submetidos à FAPESP. O número de submissões por pesquisadoras quase dobrou, passando de 5.732 para 11.333, enquanto o dos submetidos por pesquisadores cresceu 54%, passando de 10.080 para 15.504.



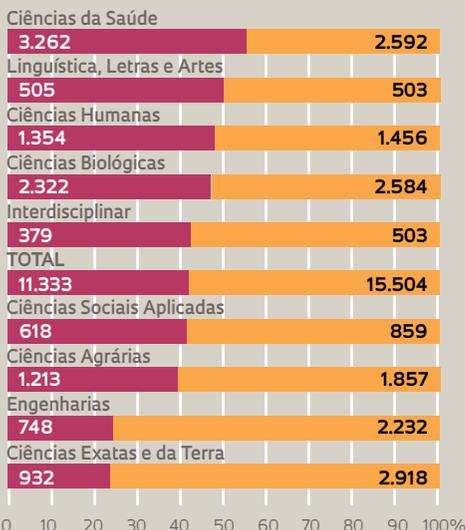
■ Feminino
■ Masculino
■ % Feminino total (eixo direito)

POR GRANDE ÁREA DO CONHECIMENTO

A participação feminina é maior nas áreas de Ciências da Saúde (56%) e de Linguística, Letras e Artes (50%) e menor nas áreas de Engenharias (25%) e de Ciências Exatas e da Terra (24%).

■ Feminino ■ Masculino

Submissões, por gênero e grande área (2016)

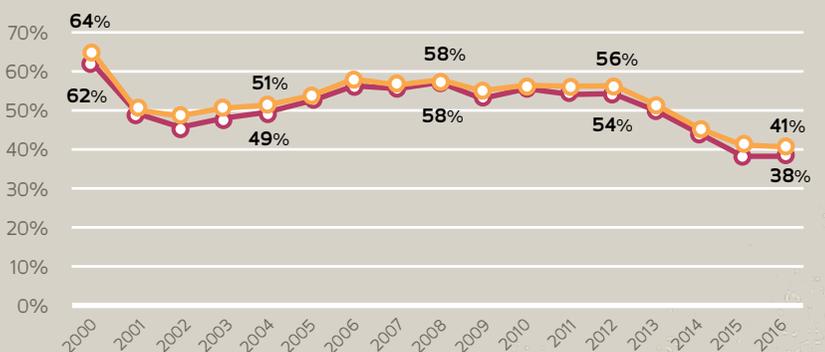


SUBMISSÕES APROVADAS

A taxa de sucesso na aprovação de projetos, medida pela fração dos que são concedidos, não apresenta diferença significativa entre submetidos por pesquisadoras e por pesquisadores. As maiores taxas de sucesso de projetos submetidos por pesquisadoras foram nas Ciências Exatas e da Terra (44%) e nas Ciências Humanas (43%), e menores nas Ciências da Saúde (34%), na Interdisciplinar (34%) e nas Ciências Sociais Aplicadas (32%).

■ Feminino ■ Masculino

Taxas de sucesso de projetos submetidos, por gênero (2016)



FONTE: INDICADORES FAPESP

NOTAS



Boto-do-araguaia, poaieiro-de-chico-mendes e macaco zogue-zogue: três das 381 novas espécies identificadas entre 2014 e 2015



Quase 400 novas espécies descobertas na Amazônia

Ao longo dos rios Araguaia e Tocantins é possível encontrar uma espécie de golfinho de água doce diferente das que existem em outras regiões da Amazônia, o boto-do-araguaia (*Inia araguaiaensis*), descrito em 2014 por pesquisadores da Universidade Federal do Amazonas (Ufam) e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) a partir de exemplares capturados em 2009 e 2010. Com pele variando de rosa a cinza e de 1,5 a 2,5 metros de comprimento, ele tem o focinho longo e a testa proeminente. É geneticamente distinto do boto-da-amazônia (*Inia geoffrensis*), abundante em toda a região, e do boto-da-bolívia (*Inia boliviensis*), encontrado em uma área menor no sul da Amazônia. O boto-do-araguaia é uma das 381 novas espécies de animais e de plantas da Amazônia que integram o inventário apresentado no final de agosto pela organização não governamental WWF-Brasil e pelo Instituto Mamirauá, órgão de pesquisa ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. O documento reúne apenas as novas espécies descritas em 2014 e 2015, entre as quais estão a ave poaieiro-de-chico-mendes (*Zimmerius chicomendesii*) e o macaco zogue-zogue ou rabo-de-fogo (*Plecturocebus miltoni*), que possui uma faixa grisalha na testa, costeletas e garganta ocre-escuras e cauda laranja. Essa é a terceira edição do inventário (bit.ly/WWFamaz2017). A primeira reuniu cerca de 1,2 mil novas espécies identificadas entre 1999 e 2009 e a segunda, 602 descobertas de 2010 a 2013.

Custo do Brexit para a ciência

O governo britânico reiterou o interesse em continuar participando de programas científicos europeus depois que o Reino Unido deixou formalmente a União Europeia (UE), em 2019. Em documento divulgado no dia 6 de setembro, deixou claro que não pretende abrir mão de sua participação em projetos como o Horizonte 2020, principal instrumento de financiamento à pesquisa do bloco. Para tanto, os britânicos terão de se deparar com novas condições. É provável que tenham de pagar € 1,3 bilhão por ano, equivalente a suas receitas anuais atuais do programa. Essa regra é válida para países associados ao Horizonte 2020. Os britânicos ainda demonstraram interesse em manter colaborações na Comunidade Europeia da Energia Atômica e nos programas Copernicus, de monitoramento terrestre, e Galileo, o sistema de navegação global da UE.



Tablete Plimpton 322 traz escrita cuneiforme com quatro colunas e 15 linhas com números

Trigonometria em tablete de 3.700 anos da Babilônia

Um tablete de argila de 3.700 anos da Babilônia pode ser o registro mais antigo conhecido de conceitos de trigonometria, o ramo da matemática que estuda as relações entre os comprimentos dos lados e os ângulos de triângulos. Segundo essa interpretação, a trigonometria teria surgido na região da Mesopotâmia cerca mil anos antes que na Grécia Antiga. Essa hipótese foi defendida pelos matemáticos Daniel Mansfield e Norman Wildberger, da Universidade de Nova Gales do Sul, na Austrália, que reanalisaram a escrita cuneiforme do tablete Plimpton 322, hoje parte do acervo da Universidade Columbia, em Nova York (*Historia Mathematica*, 24 de agosto). Desde os anos 1940, alguns historiadores sugerem que a peça contém uma série de números que se assemelham ao teorema de Pitágoras, segundo o qual o quadrado da hipotenusa, o lado mais longo de um triângulo retângulo, é igual à soma dos quadrados dos outros dois lados. Agora a dupla australiana foi além em sua interpretação da peça, composta de quatro colunas e 15 linhas com números. Eles dizem que o tablete expressa as noções de trigonometria por meio da matemática sexagesimal (baseada no número 60) inventada pelos sumérios e depois assumida pelos babilônios. "Essa é uma maneira totalmente diferente de olhar para a trigonometria", disse Mansfield à revista *Science*. "Temos de sair mesmo da nossa cultura para ver as coisas na perspectiva deles se quisermos entender o tablete." A releitura do conteúdo da peça de argila foi alvo de distintas reações. Alguns matemáticos elogiaram o estudo, outros o classificaram como especulativo.

Reino Unido deve gastar € 1,3 bilhão por ano para continuar em projetos europeus, como o sistema de navegação Galileo





Engenheiro-agrônomo, Durigan tinha 63 anos

Morre Julio Cezar Durigan, ex-reitor da Unesp

O engenheiro-agrônomo Julio Cezar Durigan, membro do Conselho Superior da FAPESP, morreu na madrugada de 8 de setembro em São Paulo, aos 63 anos, em decorrência de câncer. Durigan foi reitor da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de janeiro de 2013 a janeiro de 2017. Na mesma universidade, foi também vice-reitor no exercício da reitoria de janeiro de 2011 a janeiro de 2013, vice-reitor de janeiro 2009 a janeiro de 2011 e pró-reitor de Administração de janeiro de 2005 a janeiro de 2009. Desde 1997 era professor titular do Departamento de Fitosanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Unesp em Jaboticabal. Nessa faculdade, Durigan formou-se engenheiro-agrônomo em 1975 e se tornou mestre em produção vegetal em 1978. Concluiu o doutorado em solos e nutrição de plantas na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP) em 1983. Sua especialidade era o estudo de ervas daninhas. Foi presidente da Sociedade Brasileira de Ciências das Plantas Daninhas de 2003 a 2005 e vice-presidente da Asociación Latinoamericana de Malezas de 2001 a 2003. Entre outros cargos, ocupou a direção da FCAV e a vice-presidência da Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado e foi membro dos conselhos da Associação das Universidades de Língua Portuguesa, do Memorial da América Latina e da TV Cultura, da Fundação Padre Anchieta.

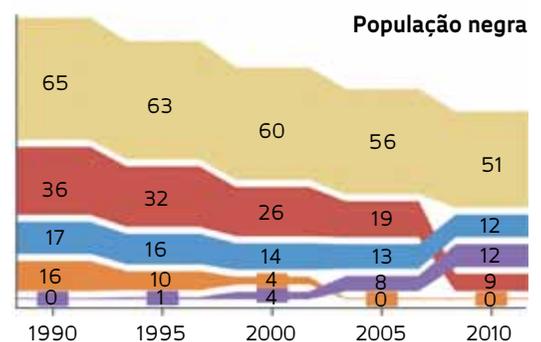
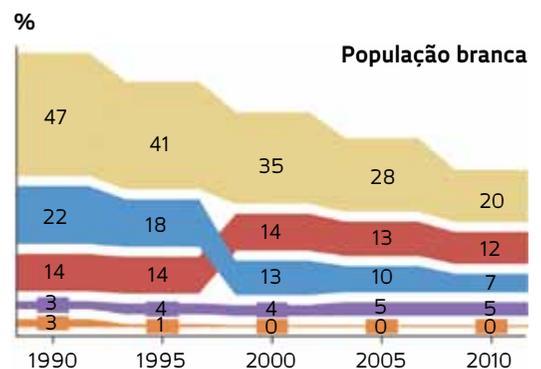
A importância de cada fator de risco no derrame

O peso somado dos cinco principais fatores de risco para a ocorrência de derrame – hipertensão, diabetes, tabagismo, obesidade e colesterol elevado – na população dos Estados Unidos diminuiu significativamente entre 1990 e 2010. A proporção de casos da doença associados a eles caiu de 73% para 41% (*The New England Journal of Medicine*, 25 de maio). A queda, no entanto, foi muito mais expressiva nos indivíduos brancos do que nos negros (ver gráfico). Entre a parcela caucasiana da amostra de 15.350 adultos que foram acompanhados por duas décadas,

a hipertensão e o fumo tiveram uma redução acentuada como fator de risco para derrame. Na população afrodescendente, a queda desses dois fatores foi menos expressiva. Estar acima do peso, que nos anos 1990 tinha uma influência insignificante no desencadeamento de derrames, hoje está mais associado à ocorrência do problema, sobretudo entre os negros. “Contudo, por predispor ao desenvolvimento de hipertensão e diabetes, a obesidade representa um importante fator de risco a ser prevenido e tratado em toda a população”, alerta o cardiologista Wilson Nadruz, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), principal autor do estudo, feito em parceria com colegas dos Estados Unidos.

PESO DOS PRINCIPAIS FATORES DE RISCO PARA A OCORRÊNCIA DE DERRAME NOS ESTADOS UNIDOS (EM %)

- Hipertensão
- Tabagismo
- Diabetes
- Obesidade
- Colesterol elevado



Optics Letters destaca artigos de brasileiros

A revista científica *Optics Letters*, um dos mais tradicionais e respeitados periódicos na área de óptica e fotônica, completou 40 anos em julho deste ano e celebrou a data fazendo uma revisão de sua contribuição para o desenvolvimento dessa área da física. Elaborou um ranking dos 100 artigos científicos de maior impacto (citados mais vezes por outros artigos) na história da revista, selecionados entre os mais de 100 mil publicados em quatro décadas de existência (bit.ly/2gQUce8). Cinco dos artigos que integram a seleta lista têm como coautores quatro pesquisadores brasileiros. Wilson Rosa de Almeida, engenheiro eletrônico graduado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), onde é pesquisador, assina três trabalhos sobre como confinar e controlar a luz em estruturas nanométricas, publicados durante seu doutorado na Universidade Cornell, nos Estados Unidos. Em dois dos artigos, Almeida tem como coautor o físico Roberto Panepucci, do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, em Campinas. Um quarto artigo é de autoria do físico Carlos Henrique de Brito Cruz, diretor científico da FAPESP. Também graduado em engenharia eletrônica no ITA, com

mestrado e doutorado em física pela Unicamp, Brito Cruz desenvolveu o artigo, no qual descreve a produção de pulsos de luz ultracurtos (com duração de femtossegundos), durante estágio de pós-doutoramento nos Laboratórios Bell, nos Estados Unidos. Outro brasileiro que integra o ranking é o físico Walter Margulis, hoje pesquisador na Suécia, com um artigo de 1986 mostrando que as fibras ópticas podem dobrar a frequência da luz.



O European X-ray Free Electron Laser (E-XFEL) é um projeto de 11 países e custou € 1,22 bilhão

Entra em funcionamento a maior fonte de laser de raios X

A maior e mais poderosa fonte de laser de raios X foi inaugurada oficialmente em 1º de setembro na Alemanha. O European X-ray Free Electron Laser (E-XFEL), um projeto de 11 países do Velho Mundo que custou € 1,22 bilhão e começou a ser construído em 2009, é composto de túneis subterrâneos de até 38 metros de profundidade que formam um acelerador linear de elétrons com 3,4 quilômetros de extensão entre as cidades de Hamburgo e Schenefeld. O equipamento gera 27 mil pulsos de luz por segundo, 200 vezes mais do que qualquer outra fonte de laser de raios X. Com o E-XFEL, os pesquisadores do consórcio europeu esperam obter imagens tridimensionais em nível atômico de uma série de processos, como reações químicas envolvendo células e vírus, interações extremamente rápidas de nanoestruturas e simulações do que ocorre no interior do Sol. Segundo disse à agência France Presse Robert Feidenhans, diretor-geral do E-XFEL, o equipamento "é como uma câmera e um microscópio que tornará possível ver mais detalhes ínfimos de processos do mundo nano como nunca se viu". Para gerar os pulsos de raios X, feixes de elétrons são acelerados quase à velocidade da luz até produzir altas energias. Em seguida, são direcionados por um arranjo de dispositivos magnéticos, denominados onduladores. Durante o processo, as partículas emitem radiação que é amplificada até se tornar um pulso de raios X extremamente curto e intenso, com características similares à da luz laser. A Alemanha bancou 58% dos custos do E-XFEL e a Rússia, segundo maior sócio do empreendimento, 27%.

Uma nova fonte de ondas gravitacionais?

Mensagens postadas no Twitter por dois astrônomos de universidades norte-americanas em 18 de agosto difundiram o rumor de que o Observatório Interferométrico de Ondas Gravitacionais (Ligo) teria feito uma nova grande descoberta. Desde setembro de 2015, o Ligo mediou em três ocasiões a produção de ondas gravitacionais – oscilações do espaço-tempo que viajam à velocidade da luz e esticam e comprimem os objetos que encontram pelo caminho – resultantes da fusão de dois buracos negros. Agora o observatório, que possui dois detectores em solo norte-americano, teria registrado um novo tipo de ondas gravitacionais, proveniente da fusão de duas estrelas de nêutrons, que são corpos celestes extremamente densos originados a partir da implosão do núcleo de estrelas gigantes. O evento, inédito, teria sido flagrado em um ponto da galáxia NGC 4993, que fica na constelação austral de Hidra, a 130 milhões de anos-luz da Terra. O boato se espalhou e foi parar nos sites de revistas de divulgação científica, como a britânica *New Scientist*, e da *Nature*. Os meios de comunicação confirmaram que houve pedidos do Ligo e do Virgo, o observatório europeu de ondas gravitacionais situado na Itália, para que telescópios no espaço e em terra firme apontassem seus instrumentos para essa galáxia a fim de tentar produzir alguma imagem do fenômeno. No dia 25 de agosto, a colaboração americano-europeia emitiu um comunicado dizendo que “alguns [eventos] promissores de ondas gravitacionais foram identificados nos dados do Ligo e do Virgo durante nossas análises preliminares e dividimos o que atualmente sabemos com parceiros da área de astronomia gravitacional”.

Ilustração de como seria a fusão de duas estrelas de nêutrons, evento que teria ocorrido na galáxia NGC 4993 (detalhe) e liberado ondas gravitacionais

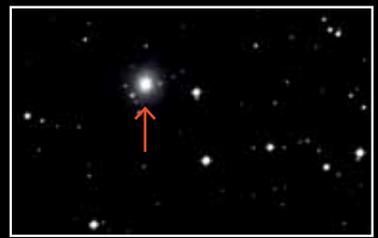
Uísque diluído com água facilita liberação do composto guaiacol, um dos responsáveis pelo seu sabor e aroma



With water, please!

Alguns apreciadores de uísque pedem a sua dose com gotas de água – *With water, please!* Assim, dizem, a bebida se torna mais saborosa e aromática. Dois pesquisadores da Universidade Linnaeus, na Suécia, decidiram investigar se haveria algum fenômeno químico que exaltasse os sabores e os aromas do uísque e a resposta a que chegaram parece justificar o hábito: até certo ponto, a diluição em água facilita a liberação do composto guaiacol, um dos principais responsáveis pelo sabor e aroma de tostado dos uísques. Para saber como seria a liberação do guaiacol

na bebida depois de pronta, os pesquisadores Björn Karlsson e Ran Friedman realizaram simulações matemáticas do comportamento do composto em amostras de uísque contendo diferentes níveis de etanol. Logo após a destilação, a concentração de álcool chega a 70% do volume da bebida. Esse teor diminui para algo entre 55% e 65% durante a maturação nos barris de carvalho e baixa para 40% quando a bebida é diluída para ser engarrafada. Nas simulações, a dupla observou que o guaiacol se associa ao etanol e se concentra próximo à interface entre o líquido e o ar, favorecendo sua evaporação quando os níveis de álcool variam de 27% a 45% (*Scientific Reports*, 17 de agosto).



Um telescópio no sertão

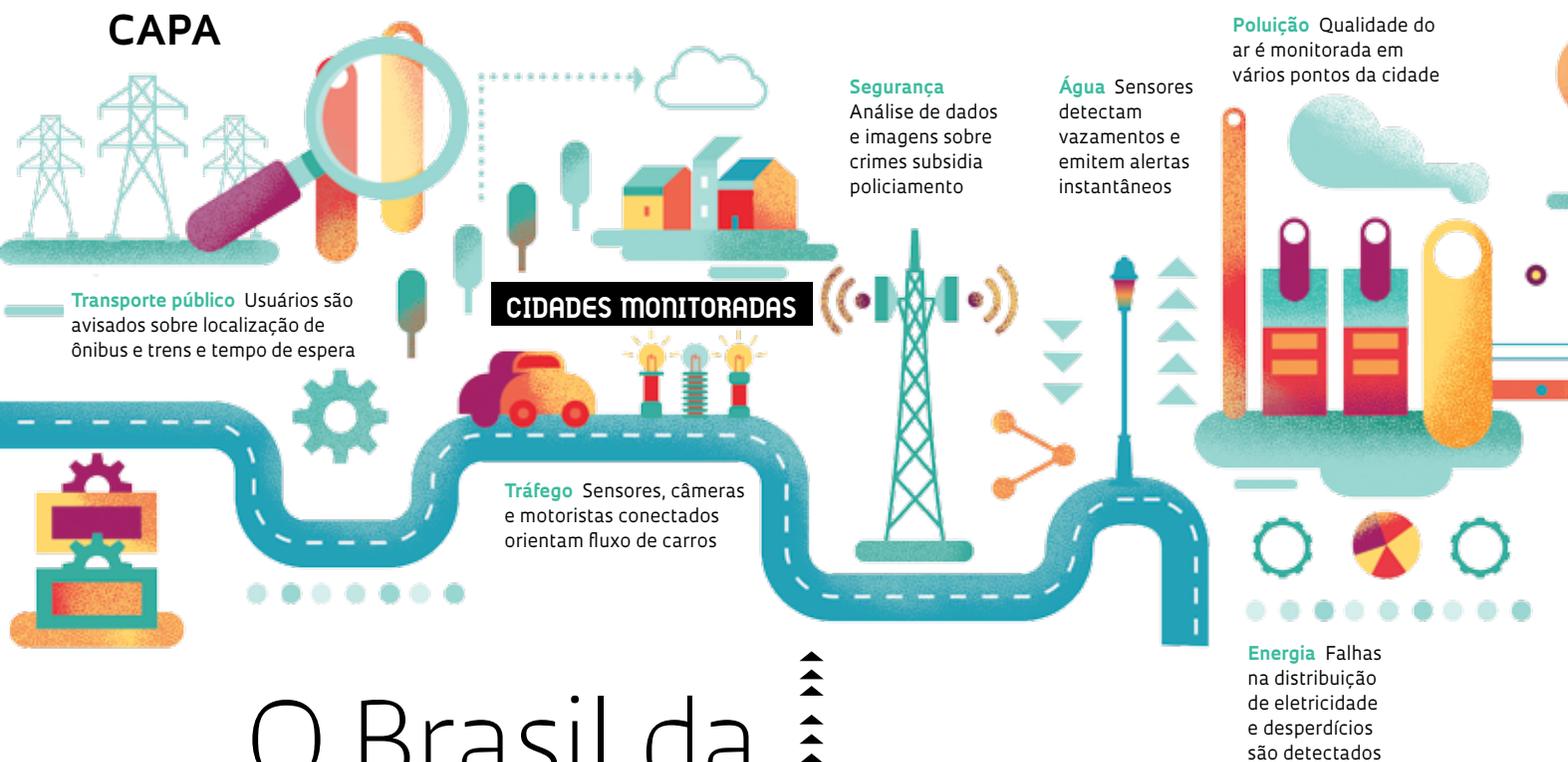
A incerteza de investimentos em infraestrutura e dificuldades de negociação barraram a possibilidade de construção no Uruguai, como previsto inicialmente, do radiotelescópio Bingo, um projeto internacional liderado por físicos de São Paulo que vai examinar os efeitos da interação entre o hidrogênio e a radiação eletromagnética (ver Pesquisa FAPESP nº 252). No início de setembro, durante a reunião anual da Sociedade Astronômica Brasileira, o físico Carlos Alexandre Wuensche, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e um dos coordenadores do projeto, anunciou que o telescópio deverá ser construído em um vale da serra do Urubu, no município de Aguiar, oeste da Paraíba. Segundo Wuensche, o lugar foi escolhido em conjunto com pesquisadores da Universidade Federal de Campina Grande e os R\$ 12 milhões obtidos por meio de financiamento da FAPESP poderão cobrir a maior parte dos custos do projeto, do qual participam pesquisadores e instituições do Brasil, Uruguai, Reino Unido, da Suíça e China. Medições indicaram que a serra do Urubu é praticamente livre de interferências externas e um bom lugar para abrigar o Bingo.



OMC considera ilegais sete programas do Brasil

A Organização Mundial do Comércio (OMC) tornou público um relatório em que considera ilegais sete programas da política industrial do Brasil: a Lei de Informática, o Inovar Auto, o Padis (desenvolvimento tecnológico na indústria de semicondutores), dois regimes de isenção a empresas exportadoras (Recap e PEC), além de dois programas já encerrados, o PATVD (de equipamentos para TV digital) e o de inclusão digital. O documento condena a forma como o país estimulou a produção nacional nesses setores, por meio da concessão de isenções ou da suspensão de impostos sobre o produto final que não se estendem a concorrentes importados. O governo brasileiro anunciou que vai recorrer ao órgão de apelação da OMC contra a denúncia. Os programas são questionados pela União Europeia e pelo Japão por serem considerados subsídios incompatíveis com as regras internacionais. O prazo para encaminhar o recurso é de 60 dias, e a decisão final do órgão indicará quanto tempo o Brasil terá para suspender ou modificar os programas caso perca a apelação, informou Carlos Márcio Cozende, subsecretário de Assuntos Econômicos e Financeiros do Itamaraty, durante coletiva de imprensa. Enquanto isso, o governo discute o que fazer caso haja uma condenação definitiva. A Lei de Informática, por exemplo, pode passar por reformulação para incorporar políticas para a internacionalização das empresas de software, investimentos de P&D em startups, desburocratização dos mecanismos de estímulo e perder as isenções de impostos.

Iniciativas como o Inovar Auto, de incentivo à indústria automobilística, foram condenadas pela Organização Mundial do Comércio



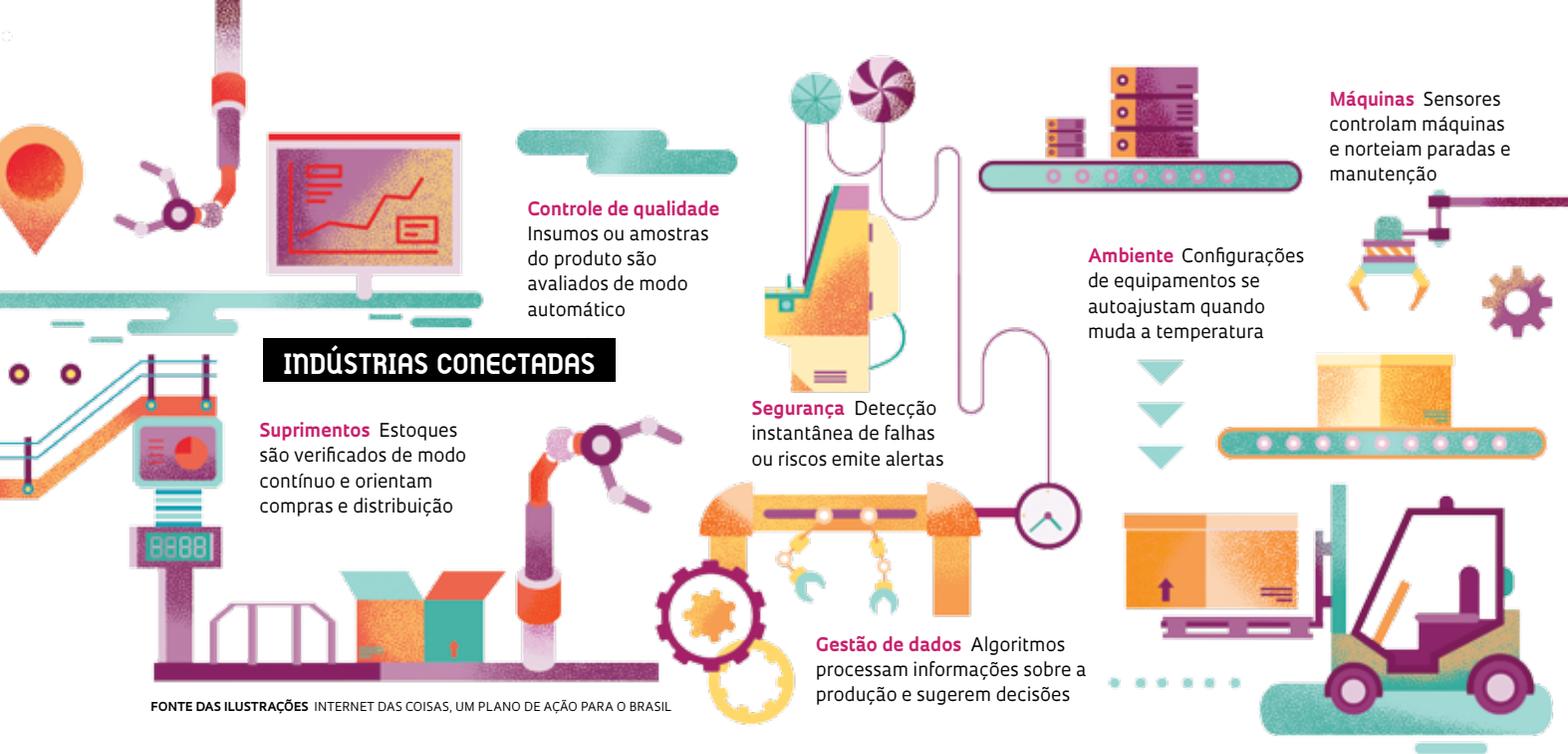
O Brasil da Internet das Coisas

Estudo mostra que ambientes conectados têm potencial para aumentar a produtividade da economia e impulsionar empresas inovadoras

Fabício Marques

Em um mundo cravejado por sensores conectados à internet, agricultores confiam a algoritmos a decisão sobre o momento de lançar no solo sementes e fertilizantes, equipamentos coletam sangue para exame e processam o diagnóstico rapidamente em uma nuvem computacional remota, vazamentos de água são detectados e corrigidos instantaneamente e indústrias monitoram a sua linha de produção em tempo real, reduzindo estoques ao mínimo e cortando custos de logística e de manutenção. Esse mundo, o da Internet das Coisas (IoT), migra velozmente dos laboratórios para a vida real em países como Estados Unidos, Alemanha, Japão e Reino Unido e é palpável também no Brasil, onde começa a ser visto como uma alternativa para enfrentar a dificuldade de aumentar a produtividade da economia ou as ineficiências do sistema de saúde.

Esse potencial é tangível no estudo “Internet das Coisas: Um plano de ação para o Brasil”, feito por um consórcio de instituições sob encomenda do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) em parceria com



ILUSTRAÇÕES BARBARA MALAGOLI

o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Em fase de conclusão, o trabalho custou R\$ 10 milhões e traz o estado da arte da IoT em economias avançadas e emergentes. Foram realizadas entrevistas em dezenas de empresas, promovidos eventos para discussão, consideradas mais de 2 mil contribuições feitas de consultas públicas e mapeadas as aspirações do Brasil nessa fronteira tecnológica.

Como resultado, o documento aponta nichos tecnológicos e segmentos da economia em que o país teria mais capacidade de competir. Quatro ambientes foram identificados como prioritários para investimento: o agronegócio, a saúde, as cidades inteligentes e a indústria. “São setores em que já existem empresas consolidadas no Brasil e há boas oportunidades para desenvolver inovações”, afirma a engenheira Maria Luiza Carneiro da Cunha, do Departamento de Tecnologia da Informação e Comunicação do BNDES e uma das coordenadoras do estudo, executado por um consórcio que reúne o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), a consultoria McKinsey e o escritório de advocacia Pereira Neto Macedo.

Esses ambientes são apontados como promissores por se valerem de grandes demandas nacionais. “A maioria da população brasileira vive no meio urbano e iniciativas em cidades inteligentes podem atenuar problemas de mobilidade e melhorar a qualidade de vida”, explica Vinícius Garcia de Oliveira, pesquisador da Fundação CPqD e responsável pela vertente tecnológica do estudo. “A mesma lógica vale para a frente da saúde, pelo potencial de melhorar o atendimento à população; para o agronegócio, por sua

importância econômica; e para a indústria, pela possibilidade de produzir riqueza. Temos a oportunidade de desenvolver tecnologia tendo como alicerce o mercado interno”, completa.

A ideia de conectar objetos à internet é quase tão antiga quanto a própria rede mundial de computadores. O que mudou nos últimos anos foi o barateamento de tecnologias de microeletrônica e de sensoriamento e a gigantesca expansão da conectividade. Segundo dados da consultoria Gartner, funcionam hoje no mundo 8,4 bilhões de objetos conectados, como smart TVs, automóveis, sistemas inteligentes de iluminação ou equipamentos industriais, entre vários outros. O número é 31% maior do que o de 2016 e, segundo a Gartner, deve crescer em 2020 para 20 bilhões de “coisas” ligadas à internet. “Um aplicativo como o Uber é Internet das Coisas em estado puro. Automóveis e passageiros se rastreiam por meio do celular e se encontram”, exemplifica Oliveira.

O potencial impacto socioeconômico da Internet das Coisas na produtividade da economia brasileira e no aperfeiçoamento de serviços públicos foi estimado pela consultoria McKinsey em até US\$ 200 bilhões – o equivalente a aproximadamente 10% do PIB de 2016 –, considerando a utilização em diversos segmentos da economia descritos no plano até 2025. No transporte rodoviário, o monitoramento de mercadorias em tempo real pode reduzir até 25% dos custos e a escolha inteligente de rotas em até 20%, de acordo com o levantamento, que enumera outras possibilidades. Por exemplo, a utilização de IoT pode ajudar a detectar crimes e roubos, por meio de câmeras nas ruas e sensores em automóveis, ou planejar ações policiais através da análise de grandes vo-



FAZENDAS INTELIGENTES

Água Sensores do solo norteiam irrigação específica para cada área

Carga Produtos são rastreados durante transporte e armazenamento

Gado Chips reúnem dados sobre os animais do nascimento ao abate

Safra Produtividade é medida em tempo real durante a colheita

Propriedades do solo Dados de sensores orientam uso de sementes e de agroquímicos

lumes de dados sobre locais e horários de delitos. O uso de sensores móveis de monitoramento da qualidade do ar e sistemas de alerta em telefones celulares devem reduzir em 90% os gastos com equipamentos para controle da poluição.

DIAGNÓSTICO NA NUVEM

Empresas e instituições de pesquisa brasileiras já trabalham em soluções para os diversos ambientes. Uma empresa de Curitiba, a Exati, desenvolveu uma plataforma para gestão de iluminação pública que está sendo usada em 200 cidades brasileiras, utiliza sensores e comunicação sem fio e agora é aperfeiçoada em parceria com o CPqD. A Hi Technologies, também de Curitiba, está testando com quatro clientes um equipamento de diagnóstico, o Hi Lab, que recebe uma gota de sangue, submete a amostra a reagentes, envia os dados para uma nuvem computacional que os processa e devolve o resultado. “É possível fazer um teste de zika em 20 minutos ou um diagnóstico de gravidez em 10 minutos”, afirma Marcus Figueiredo, CEO da empresa. “O potencial da IoT em produtos e serviços em saúde é muito grande e vamos lançar outros produtos na esteira do Hi Lab.” O BNDES aprovou em agosto um financiamento de R\$ 13 milhões para a Inmetrics, empresa de TI baseada em São Paulo, para desenvolver uma plataforma de Internet das Coisas a ser franqueada a outras empresas e provedores independentes de novas aplicações.

Uma premissa do estudo é que o Brasil não dispõe de recursos humanos e financeiros para buscar uma posição de liderança global em IoT, uma corrida disputada por Estados Unidos, Reino Unido e Coreia do Sul. Tampouco tem mus-

culatura para integrar o pelotão das nações que buscam se destacar em vertentes tecnológicas específicas, como a Alemanha no campo da manufatura avançada ou a Espanha e a China no de cidades inteligentes. Mas pode aspirar a ser uma referência em países emergentes e a fortalecer a indústria e a exportação de produtos nacionais, melhorando a eficiência e a competitividade dos setores público e privado. O trabalho também apontou um grupo de setores industriais, como o de petróleo e gás, de mineração, o automotivo e o têxtil, que mereceriam ser alvo de políticas específicas e servir de modelo para a implantação posterior em outros segmentos. “São setores com um nível de maturidade superior ao dos demais. Os de petróleo e gás, por exemplo, já têm um histórico consistente de investimentos em pesquisa e desenvolvimento”, afirma Maria Luiza Carneiro da Cunha.

O BNDES e o MCTIC encomendaram o levantamento para municiar o Plano Nacional de Internet das Coisas, que deve ser lançado pelo governo no fim de outubro. Trata-se de um conjunto de estratégias e políticas públicas que busca envolver empresas, governo e instituições de pesquisa na disseminação do uso de equipamentos conectados à internet na indústria e em serviços no país. Vinícius Oliveira, da Fundação CPqD, observa que a Internet das Coisas tem um perfil mais inclusivo do que o de tendências tecnológicas anteriores. “A IoT é a terceira onda da internet. A primeira foi o advento da internet comercial e a segunda o da internet móvel. Ambas foram bastante homogêneas e deram origem a gigantes de tecnologia como a Dell, a Qualcomm ou o Facebook”, diz. “Já a Internet das Coisas cria um cenário heterogêneo e muito mais demo-

Equipamento coleta amostra de sangue e envia dados para a nuvem computacional que processa o diagnóstico



Os países que se destacam

Patentes e publicações científicas sobre Internet das Coisas relativas ao ano de 2016

FONTE: IOT ANALYTICS, ELSEVIER

PATENTES

Estados Unidos		3.188
China		562
Coreia do Sul		332
Japão		208
Reino Unido		93

PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

China		4.995
Estados Unidos		2.394
Reino Unido		1.139
Índia		1.138
Alemanha		1.128

crático. Uma solução para rastrear uma frota de caminhões é diferente de uma solução de iluminação pública inteligente e isso cria um ambiente repleto de oportunidades para as empresas. É possível haver 10 empresas brasileiras de médio porte trabalhando com IoT em iluminação pública, cada uma com sua solução.”

Pequenas empresas de base tecnológica se movimentam para explorar esse mercado. No últi-

mo ano, houve um crescimento significativo de projetos envolvendo inovações em Internet das Coisas submetidos ao programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe), da FAPESP. Atualmente, há 21 projetos em andamento liderados por startups do estado de São Paulo que desenvolvem soluções em IoT aplicadas a serviços de saúde, rastreamento de veículos, manejo de gado, automação predial e gestão de energia,

entre outros. Antes dessa safra de projetos, o programa Pipe havia financiado apenas uma dezena de empresas dedicadas ao tema.

Para patrocinar a ampliação da Internet das Coisas no Brasil, o plano vai propor uma articulação entre agências de fomento e ministérios que coordenam recursos oriundos da desoneração tributária de setores da economia, como o MCTIC. Segundo Maximiliano Martinhão, secretário de Política de Informática do MCTIC, a sinergia ajudaria a criar um ambiente capaz de alavancar o investimento em IoT no Brasil. “Esperamos que o investimento privado possa suprir a maior parte da carência da nossa infraestrutura”, diz o secretário. Já Ailtom Nascimento, vice-presidente da Stefanini, multinacional brasileira de serviços de TI, considera que o futuro do plano dependerá em grande medida da disponibilidade de investimentos públicos. “É possível celebrar parcerias entre governo e empresas, mas os investimentos que se referem à infraestrutura de serviços públicos, no campo da mobilidade urbana ou da oferta de internet na área rural, vão necessitar de incentivo do Estado”, contrapõe. “O cenário econômico atual não cria perspectivas animadoras de curto prazo.”

Serviço para casas inteligentes

Num período de 24 meses, entre o 4º trimestre de 2014 e o 3º trimestre de 2016, fundos de *venture capital* e de *private equity* dos Estados Unidos investiram US\$ 7,2 bilhões em empresas que oferecem soluções ou serviços em Internet das Coisas. Um dos destaques é a Vivint, que comercializa sistemas para casas inteligentes, apontada como a startup de IoT que mais atraiu investimentos no país nos últimos cinco anos, de acordo com a base de dados CB Insights. Em abril de 2016, o investidor Peter Thiel, criador do sistema on-line de transferência de dinheiro PayPal, e o fundo de capital de risco Solamere investiram US\$ 100 milhões na Vivint, sediada em Utah, cujo modelo de negócios é baseado em prestação de serviços. Mais de 1 milhão de norte-americanos e



canadenses assinaram o plano mensal da empresa, que custa entre US\$ 40 e US\$ 80, e instalaram em suas casas um sistema de controle de iluminação, termostatos e fechaduras inteligentes, com câmeras e sensores, que pode ser controlado dentro do ambiente ou a distância por meio de um aplicativo de celular. “Nós não vendemos um pedaço de hardware e vamos embora”, disse o fundador da empresa, Todd Pedersen ao site de notícias Business Insider. “Os clientes querem um serviço que funcione.” Um exército de 2,5 mil vendedores porta a porta impulsiona as vendas.



Sensores monitoram gôndolas de supermercado e alertam se a temperatura fica abaixo do recomendado

A Stefanini ingressou no mercado da Internet das Coisas com aplicações na indústria de mineração e na agricultura. Por exemplo, monitora por meio de sensores 529 quilômetros de dutos que escoam minérios de Minas Gerais até o Porto Sudeste, em Itaguaí, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. As informações, transmitidas para salas de controle em diversas estações ao longo do duto, permitem intervenções instantâneas caso alguma coisa fuja da rotina. A capacidade de escoamento do mineroduto, que pertence à Anglo American e passa por 32 cidades, é de 26,5 milhões de toneladas de polpa de minério de ferro por ano. O mercado de IoT ainda não chega a 7% do faturamento do grupo Stefanini, mas a aposta é de crescimento. “Está acontecendo uma transformação digital na cadeia logística do mundo inteiro e o Brasil já é parte dessa mudança”, afirma Nascimento. Ele adverte que o investimento em novas tecnologias não deve ser visto como uma panaceia. “A Internet das Coisas pode ajudar a melhorar o escoamento da produção, mas, se a estrada for ruim e o caminhão atolar, não há como resolver o problema”, observa. “Os investimentos na infraestrutura de estradas, portos e aeroportos continuarão sendo fundamentais como são hoje.”

CENTROS DE COMPETÊNCIA

A limitação de recursos é uma preocupação do plano, que propõe ampla cooperação entre empresas, universidades e agências financiadoras para evitar a pulverização de investimentos e o isolamento dos grupos de pesquisa. O modelo proposto se baseia na criação de centros de competência, sediados em instituições com vocação para desenvolver tecnologias específicas, como nanotecnologia e conectividade, e, em outro cam-

po, a formação de redes de inovação para os ambientes destacados pelo estudo, essas de caráter virtual, reunindo grupos de pesquisa espalhados pelo país. “As redes de inovação serão orientadas pela demanda de soluções de grandes problemas e os centros de competência tecnológicos irão apoiar e fortalecer as cadeias produtivas”, considera Martinhão. Essa estrutura deverá se debruçar sobre uma série de gargalos tecnológicos, como o desenvolvimento de sistemas de segurança e de privacidade, de dispositivos de baixo consumo de energia e de baterias de longa duração, o aprimoramento da conectividade entre sistemas e máquinas, a capacidade de trabalhar de forma conjunta, entre outras.

No Brasil, um dos grandes obstáculos para a expansão de negócios em Internet das Coisas são as deficiências da infraestrutura de telecomunicações, observa o engenheiro Antonio Rossini, um dos fundadores da Nexxto, empresa de São Paulo que oferece serviços em IoT para monitorar temperatura e umidade na cadeia de alimentos. “O Brasil é um país continental e é comum sair da cidade e perder a conectividade do celular. Essa é uma dificuldade concreta para expandirmos nossos serviços para o agronegócio”, avalia Rossini. A Nexxto, que recebeu apoio da

FOTO NEXXTO ILLUSTRAÇÃO BARBARA MALACOLI

Estrutura para Internet das Coisas

As redes que vão dar suporte à Internet das Coisas no Brasil utilizam tecnologias e frequências diferentes da internet comercial. A faixa de frequência reservada nas Américas para a transmissão de dados em IoT é a de 902 mega-hertz (MHz) a 928 MHz – a nova frequência de internet 4G no Brasil, por exemplo, é de 700 MHz. Os dados captados por sensores são transmitidos em pacotes na casa de poucas dezenas de bytes, bem mais leves do que as informações e imagens transmitidas pela internet convencional. Isso, aliado à necessidade de operar com custos mais baixos, levou ao desenvolvimento de padrões tecnológicos específicos para IoT, que são as redes Low Power Wide Area (LPWA). Há padrões em teste no Brasil, como o Sigfox, de origem francesa, e o norte-americano LoRa.

Suas antenas são pequenas – do tamanho de uma torradeira – e em áreas rurais conseguem cobrir até 40 quilômetros de raio. “Ainda falta determinar em que frequência o Brasil vai transmitir dados de IoT, porque a de 908 MHz a 915 MHz, que está dentro da faixa utilizada internacionalmente, pertence no Brasil a uma operadora de telefonia e não está disponível”, explica Herlon Oliveira, vice-presidente da Associação Brasileira de Internet das Coisas (Abinc). Oliveira, que tem uma empresa que presta serviços em IoT em propriedades rurais, diz que seus clientes sempre perguntam se a qualidade da internet nas fazendas vai melhorar com a instalação de redes de Internet das Coisas. “Ficam decepcionados quando eu explico que são estruturas paralelas”, afirma.



Desempenho Dispositivos acoplados ao corpo captam dados vitais e de desempenho e dão recomendações



Equipamentos Sensores rastreiam uso de aparelhos hospitalares e programam manutenção



Exames Material coletado é avaliado por sensores e diagnóstico é processado por computador em nuvem



Consulta remota Parâmetros de saúde do paciente transmitidos por celular orientam atendimento



Medicamentos Etiquetas inteligentes em lotes de remédios previnem falsificações

Programa Pipe, da FAPESP, está apoiando 21 projetos de empresas inovadoras sobre Internet das Coisas

FAPESP por meio do programa Pipe, tem mais de mil sensores acompanhando em tempo real a operação de 25 clientes, como supermercados que controlam a temperatura de suas gôndolas e redes de farmácia que monitoram a distribuição de medicamentos. O problema tornou-se evidente em uma experiência-piloto que a Nexxto fez com um fabricante de carnes, que contratou a empresa para conservar lotes de vacinas no valor de R\$ 400 mil que deveriam ser mantidas em temperaturas entre 2 e 8 graus Celsius e distribuídas a produtores em cidades espalhadas pelo país. “Onde existe alguma conectividade, é possível usar antenas de alto ganho e repetidores de sinal, mas, para oferecer um serviço de alta qualidade, seria preciso ter uma conectividade perfeita.”

STARTUPS

A formação de recursos humanos é um desafio para o Brasil, segundo o estudo do BNDES e do MCTIC: apenas 0,9% do total de brasileiros empregados trabalha com tecnologias de informação e comunicação, ante 3,7% nos países da União Europeia e 3,3% nos Estados Unidos. Mas a carência ainda não tem impacto na fase atual de implantação de IoT. “Nossas universidades formam uma boa quantidade de engenheiros e especialistas em TI e muitas empresas, em um quadro de crise econômica, resistem a contratar essa mão de obra, considerada cara. Talvez por isso muitos profissionais criem startups que oferecem produtos e prestam serviços”, informa o engenheiro mecânico Fabiano Corrêa,

professor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, que lidera um projeto de pesquisa para avaliar o impacto de tecnologias de IoT em canteiros de obras. A tendência de contratação de serviços de startups já é visível no campo da manufatura avançada (ver reportagem na página 26).

Para Herlon Oliveira, vice-presidente da Associação Brasileira de Internet das Coisas (Abinc), o foco deveria ser a formação de cientistas da computação, profissionais capazes de criar os algoritmos que processam a massa de dados produzidos por sensores e, dessa forma, apoiam a tomada de decisões. “Não é necessário desenvolver no Brasil tecnologias que já são consagradas e viraram *commodities* – hoje, há sensores vendidos por centavos de dólar. Já os algoritmos são a chave para a oferta de serviços de qualidade e precisamos ter massa crítica para criá-los”, afirma Oliveira, que é presidente da Agrus Data, empresa criada em 2015 que oferece serviços em IoT na agricultura. O carro-chefe da empresa é um software que, a partir da coleta de dados feita por sensores em extensas áreas agrícolas e o cruzamento com previsões meteorológicas, usa um algoritmo para sugerir o melhor momento de lançar sementes, fertilizantes ou agroquímicos.

Se é preciso formar profissionais especializados, há também que se preocupar com o impacto da Internet das Coisas na mão de obra com baixa qualificação. O estudo do BNDES reconhece que a IoT pode levar à extinção de postos de trabalho, por conta da automação de atividades industriais e de serviços e da assimetria entre o número de empregos extintos e os gerados por novas atividades. E adverte que o problema tem sido encaminhado em outros países por meio de programas de transferência de renda e de requalificação profissional ou de redução de jornada de trabalho. ■



1

A corrida da »» **Indústria 4.0**

Estratégias para impulsionar a manufatura avançada no Brasil incluem a criação de centros de pesquisa e o apoio de startups

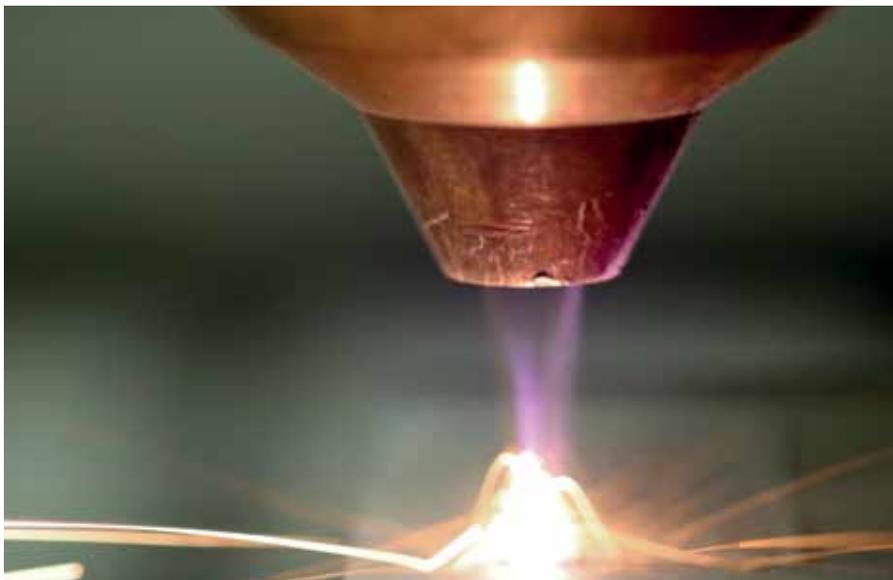
Entidades empresariais, governo e agências de fomento discutem estratégias para estimular e organizar a disseminação da manufatura avançada no Brasil, um conjunto de tecnologias que sustentam processos industriais inteligentes. O desafio é garantir competitividade à indústria brasileira frente a uma transformação que ganha corpo na Europa e nos Estados Unidos, dando mais eficiência e flexibilidade a linhas de produção e reduzindo custos. A tendência também é conhecida como Indústria 4.0, alusão ao que seria uma quarta revolução industrial – com impacto na forma de produzir equivalente ao obtido com a invenção

da máquina a vapor, com a chegada da energia elétrica a unidades fabris, no século XIX, e, num passado mais recente, com a integração da eletrônica e da automação no chão de fábrica.

O avanço da manufatura avançada em diversas cadeias produtivas terá impacto crescente sobre a indústria nacional, afirma o economista Rafael Moreira, assessor para Indústria 4.0 do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). “Será cada vez mais intensa a pressão competitiva e as empresas brasileiras vão sentir a necessidade de se modernizar”, sugere Moreira, que coordena um grupo de trabalho do MDIC criado em julho com a missão de estabelecer uma política nacional de

Montagem de aviões da Embraer aboliu os desenhos em papel e todo o processo é monitorado digitalmente

Uso de polímero para impressão em 3D em planta de demonstração de manufatura aditiva do Laboratório Nacional Oak Ridge, Estados Unidos



manufatura avançada. “Algumas empresas brasileiras já se posicionam nos estágios mais maduros da Indústria 4.0, mas são exceção. Certas instituições de pesquisa estão no estado da arte de algumas tecnologias da Indústria 4.0, embora tenham conexão fraca com o tecido industrial.” Para ele, será um desafio equilibrar as demandas de segmentos industriais brasileiros e os investimentos necessários em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para a geração de novas tecnologias. Um dos focos do grupo do MDIC é estimular a criação de *testbeds*, que são vitrines de aplicações de conceitos da Indústria 4.0 nas quais soluções explorando o uso de tecnologias são testadas em um ambiente que simula o chão de fábrica. Os *testbeds*, afirma Moreira, podem mostrar às empresas o potencial das tecnologias e impulsionar o investimento privado em manufatura avançada.

CONSÓRCIOS

Em maio, a FAPESP abriu um edital para selecionar empresas ou consórcios de empresas que queiram se tornar parceiros da Fundação na criação de um futuro centro de pesquisa em engenharia de manufatura avançada. O prazo para submissão de propostas vai até 11 de fevereiro de 2018. Após a seleção, será lançada outra chamada para selecionar instituições de ensino superior e de pesquisa interessadas em sediar o centro. Carlos Américo Pacheco, diretor-presidente do Conselho Técnico Científico da FAPESP, destacou, no lançamento do edital, que a FAPESP acompanhou o que está acontecendo nessa área no mundo, mais especificamente com os programas desenvolvidos na Alemanha e nos Estados Unidos, e manteve contatos com lideranças de associações industriais brasileiras. “É uma decisão baseada em uma necessidade irreversível

da indústria e do desenvolvimento brasileiro”, afirmou.

A manufatura avançada se baseia em uma combinação de tecnologias. Uma delas são os sistemas ciberfísicos, capazes de monitorar, por meio de sensores e softwares, um conjunto de dispositivos, máquinas e equipamentos em um processo de manufatura e fazer com que se comuniquem entre si – seu contraponto são os sistemas eletrônicos embarcados, que funcionam de forma isolada e autônoma. Outras tecnologias envolvem a análise de Big Data para extrair tendências em enormes volumes de informações produzidos pelas máquinas; a computação em nuvem, em que dados são armazenados; a Internet das Coisas, que coleta e transfere dados a distância (*ver reportagem na página 18*); a realidade aumentada, que sobrepõe gráficos e vídeos ao mundo real, ajudando a monitorá-lo; a impressão 3D, que permite a fabricação de produtos customizados, entre outras. Tais recursos permitem trabalhar com um nível mínimo de estoques e conectar vários pontos das cadeias produtivas. Para países desenvolvidos, como Estados Unidos e Alemanha, os ganhos de eficiência obtidos com a Indústria 4.0 são valiosos também para enfrentar a concorrência chinesa, já que não conseguem competir nos custos de mão de obra.

A maioria dessas tecnologias está disponível, mas custa caro, observa João Alfredo Delgado, diretor de Tecnologia da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq). “Não há nada de essencialmente novo. Ocorre que essas tecnologias se sofisticaram e hoje permitem que as empresas comecem a produzir de um modo que não conseguiam antes”, afirma. No Brasil, tecnologias de manufatura avançada estão sendo implantadas de forma mais

consistente em grandes empresas ou em filiais de multinacionais. Nas unidades da Embraer, por exemplo, a montagem dos aviões passou a ser feita sem uso de papel e o processo é monitorado digitalmente. Milhares de desenhos são produzidos na construção de um avião – hoje eles só existem em meio digital. “A integração nos dá a oportunidade de entender o que está acontecendo no chão de fábrica em tempo real”, disse João Carlos Zerbini, gerente de Tecnologia de Manufatura e Automação Industrial da Embraer.

O Brasil é visto como um mercado promissor para empresas que desenvolvem soluções de Indústria 4.0 no exterior. A Trumpf, filial brasileira da multinacional alemã que vende máquinas de usinagem a laser, vai inaugurar neste mês uma planta de demonstração de suas soluções de Indústria 4.0 em Chicago, Estados Unidos, e está convidando um grupo de empresários brasileiros para conhecê-la. “Como as filiais brasileiras de multinacionais começam a entrar na manufatura avançada, isso logo terá impacto nas cadeias de seus fornecedores, que serão obrigados a se adaptar”, explica João Visetti, diretor-presidente da Trumpf no Brasil. A empresa investiu no aperfeiçoamento de suas máquinas, tornando-as conectáveis. “Nossa aposta de P&D foi desenvolver softwares internamente e por meio da aquisição de startups especializadas em soluções para indústria 4.0”, explica.

Empresas nacionais também se movimentam. Um exemplo é a Romi, que lançou em abril uma máquina que combina usinagem com manufatura aditiva – ela é capaz de moldar peças metálicas tirando ou acrescentando camadas, num processo semelhante à impressão 3D, mas feito com pó metálico, que foi desenvolvido por uma empresa da Inglaterra. “Já existem empresas no exterior que usam soluções desse tipo, adaptando a manufatura aditiva a máquinas de usinagem já existentes”, diz Douglas Alcântara, gerente de engenharia de produtos da Romi. “Nossa solução é mais harmônica. A máquina vem com a tecnologia embarcada, é capaz de registrar e de receber dados sobre os processos e enviá-los instantaneamente para os clientes.”

Para Delgado, da Abimaq, o país tem condições de se tornar um provedor de tecnologias em manufatura avançada. “Temos competência para desenvolver sensores e softwares para a Indústria 4.0”, explica. Falta, segundo Delgado, articulação entre os grupos e apoio a eles. “Conheço vários jovens pesquisadores que fizeram impressoras 3D no Brasil, mas não há impressoras brasileiras

Núcleo da Abimaq reuniu startups que desenvolvem soluções de manufatura avançada

Inspeção inteligente de peças

A Autaza, startup instalada numa incubadora de empresas do Parque Tecnológico São José dos Campos, desenvolveu sistemas de inspeção industrial por meio de visão computacional que estão sendo utilizados por montadoras de automóvel. Através da solução criada pela empresa, câmeras fotografam peças numa linha de produção e utilizam recursos de inteligência artificial para avaliar a sua qualidade. “Desenvolvemos um software que analisa a imagem de cada peça produzida e informa por meio de dados objetivos se ela está dentro dos parâmetros de controle de qualidade da empresa”, conta Renan Padovani, um dos sócios da Autaza. Segundo ele, a tecnologia previne desperdício no



descarte de peças defeituosas. “A visão computacional baseia a inspeção em critérios matemáticos, e não no olho humano.” A empresa teve como origem um projeto feito em parceria entre a General Motors no Brasil e o Centro de Competência em Manufatura, laboratório do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos. Segundo Padovani, o modelo de startup é

adequado para impulsionar a manufatura avançada no Brasil. “A maioria das montadoras não tem um sistema automático de controle de qualidade e precisa de soluções customizadas. Uma startup como a nossa consegue ver suas necessidades e desenvolver o melhor sistema de inspeção.” A inovação da Autaza está sendo usada, além da GM, por outras duas empresas no Brasil e no exterior.



no mercado. O problema talvez não seja tecnológico, mas de criar demanda e gerar spin-offs das universidades.”

O centro de pesquisa em engenharia proposto pela FAPESP pode ajudar a aglutinar esforços, comenta o diretor da Abimaq. “Precisamos criar centros de competência para desenvolver soluções nacionais. Eles podem identificar gargalos e ajudar as empresas a enfrentá-los”, afirma. Com preocupação análoga, a Abimaq criou um núcleo de startups que estão trabalhando com tecnologias em manufatura avançada. “A ideia é ver o que elas têm de competência para fornecer”, explica Delgado, que destaca a dificuldade das indústrias de fazer P&D em manufatura avançada. “Há muitas tecnologias envolvidas e não é possível manter uma estrutura em P&D dedicada a todas elas. Nossa sugestão para as empresas é trabalhar com grupos multidisciplinares e com apoio externo de centros de competência.”

MANUTENÇÃO PREDITIVA

Uma das empresas do grupo da Abimaq é a Birmind Automação, de Sorocaba, que mira grandes clientes interessados em serviços de otimização industrial. A empresa dispõe de um software que, abastecido com dados coletados em equipamentos fabris, consegue prever qual é o momento de fazer manutenção e seus custos. “O programa transforma as informações em valores financeiros. Pode mostrar, por exemplo, quanto um processo está desperdiçando de matéria-prima por conta da falta de performance de uma válvula e, com isso, que o retorno financeiro obtido pela redução de consumo em comparação com o custo de troca dessa parte do equipamento torna a manutenção vantajosa. Temos cases em grandes indústrias com economias significativas de soda cáustica, energia elétrica e diversos outros tipos de insumo”, explica Diego Mariano de Oliveira, um dos sócios da Birmind, que tem clientes em

Instituto Fraunhofer, da Alemanha, desenvolve soluções de manufatura avançada para a indústria de biotecnologia

Robôs que interagem com seres humanos estão sendo desenvolvidos na Alemanha para uso na indústria e em serviços

segmentos como a indústria química e a siderurgia. “Nossa solução só funciona se o cliente já tiver um nível de automação que caracterizou a Indústria 3.0. Se não for esse o caso, é preciso adaptar as máquinas.”

Já a Automatsmart Tech, criada há um ano e instalada no Parque Tecnológico de Sorocaba, criou uma plataforma de gestão de dados de manutenção industrial, baseada em algoritmos de análise, armazenamento de dados em nuvem e uso de dispositivos móveis. Informações coletadas no chão de fábrica são transferidas para bancos de dados e analisadas por algoritmos de inteligência artificial, que fazem quantificações e revelam tendências. “As decisões sugeridas precisam ser refinadas e validadas por um gestor, que recebe as informações num tablet”, frisa o engenheiro Elias Aoad Neto, gerente de Projetos e sócio da empresa. A solução está sendo testada na empresa Johnson Controls e os empreendedores já a estão oferecendo a grandes companhias. A empresa está de mudança. Foi convidada a se integrar ao Up Lab, aceleradora de empresas no Senai de São Caetano do Sul, que criou uma célula de desenvolvimento de tecnologias em manufatura avançada. “Vamos acelerar o crescimento da empresa num polo especializado em Indústria 4.0”, diz.

Para Rafael Moreira, do MDIC, não será simples gerar políticas para a manufatura avançada que consigam articular as ações de agentes públicos e privados. “Precisaremos de instrumentos inovadores”, diz. “Observamos que alguns países, mesmo depois de lançarem suas iniciativas para a indústria 4.0, levaram um ou dois anos para executar medidas reais em cooperação com o setor privado. Houve dificuldades de articulação, de desenhar projetos viáveis e de conciliar medidas de estímulo à competitividade com medidas para desenvolvimento industrial”, completa. ■

Fabrcio Marques



Janelas de oportunidade

Economista coreano Keun Lee analisa como surgem líderes em segmentos tecnológicos

Bruno de Pierro

O que faz com que empresas ou países deixem escapar a liderança em um determinado setor industrial? E que fatores contribuem para o surgimento de novos líderes em inovação no mundo? Essas perguntas norteiam as pesquisas do economista coreano Keun Lee, professor da Universidade Nacional de Seul, na Coreia do Sul, e presidente da International Schumpeter Society, que promove estudos de inovação influenciados pelas ideias do economista austríaco Joseph Schumpeter (1883-1950).

Lee se dedica ao estudo das sucessivas mudanças de liderança observadas em setores de alta tecnologia como o de telefonia celular e de chips de memória. Conhecidas como “ciclos de *catch-up*”, essas mudanças ocorrem quando líderes históricos em uma determinada tecnologia perdem protagonismo, enquanto novas empresas ou países assumem a dianteira. Ele participou de um fórum sobre economias emergentes realizado em agosto na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Doutor em economia pela Universidade da Califórnia em Berkeley, nos Estados Unidos, é editor da revista *Research Policy* e conselheiro do Fórum Mundial Econômico.

O que são ciclos de catch-up?

São as sucessivas mudanças de liderança em setores da indústria. Empresas ou países emergem como líderes internacionais, enquanto líderes históricos perdem posições. Mais tarde, os novos líderes são destronados e o ciclo se repete. Líderes históricos podem perder o posto, por exemplo, quando ignoram a ascensão de novas tecnologias ou preferem evitar riscos.

Como a sucessão acontece?

Por meio de janelas de oportunidade que emergem durante a evolução de um setor. Identifico três tipos de janelas de oportunidade. O primeiro está ligado a mudanças científicas e tecnológicas. Foi o que aconteceu na Coreia do Sul, que aproveitou os avanços das tecnologias digitais, deixando para trás o Japão, líder da era analógica. O segundo tipo tem a ver com mudanças de demanda. O crescimento dos mercados chinês e indiano abriu uma janela de oportunidade para novas empresas em países emergentes. O terceiro caso é o das janelas institucionais. Trata-se de o Estado criar políticas para promover setores industriais, como ocorreu com as empresas de alta tecnologia da Coreia, com o setor de teleco-

municações na China e com a indústria farmacêutica na Índia.

Qual a importância do conceito de leapfrogging, ou salto tecnológico, nesse processo?

Países considerados retardatários em uma determinada área tecnológica podem dar saltos quando aparece um novo paradigma tecnoeconômico e, assim, superar líderes históricos. Mas é importante dizer que o *leapfrogging* está relacionado a um estágio avançado de desenvolvimento tecnológico e, portanto, só ocorre com empresas ou nações com um nível acumulado de capacidades e um sistema efetivo de apoio à inovação. Quando não se está pronto para dar o salto, a oportunidade pode ser até destrutiva.

Estar preparado é suficiente para aproveitar a janela de oportunidade?

O *leapfrogging* pode ser uma faca de dois gumes. Veja, por exemplo, o caso da Solyndra, empresa dos Estados Unidos que quebrou em 2011. Ela decidiu investir na produção de células fotovoltaicas utilizando materiais como cobre, índio e selênio. O problema é que o mercado de energia solar ainda utiliza majoritariamente o silício para fabricar os painéis,



Keun Lee:
"O Estado deve
atuar no
financiamento da
inovação, inclusive
compartilhando
riscos"

pois os outros materiais são muito caros. Por mais que a empresa dominasse uma tecnologia mais eficiente, o mercado ainda não estava pronto para isso.

Mudanças sucessivas na liderança são comuns em outros setores?

Sim. A indústria de jatos é um caso emblemático, porque testemunhou duas mudanças de liderança nas últimas três décadas. A primeira ocorreu em 1995, quando as fabricantes europeias de aviões British Aerospace e Fokker perderam a liderança para a canadense Bombardier. Em 2005, a Embraer assumiu a liderança. Nesse setor, as mudanças de demanda criaram janelas de oportunidade. Na primeira mudança, as empresas europeias, que faziam jatos de 70 a 120 lugares, perderam espaço por conta da procura por jatos menores, de 50 lugares. No início dos anos 2000, a demanda voltou a ser de jatos maiores, com até 180 lugares,

o que representou uma oportunidade para a Embraer. O segmento de chips de memória também passou por mudanças sucessivas. Em 1982, a liderança migrou dos Estados Unidos para o Japão e, 10 anos depois, do Japão para a Coreia do Sul. Desde então, as empresas coreanas mantêm a liderança sem sinal de alteração para os próximos anos.

O que foi necessário para que uma empresa como a Samsung alcançasse a liderança no setor de telefonia móvel?

A americana Motorola inventou o celular e é considerada pioneira. No entanto, com o surgimento de telefones celulares baseados em novas tecnologias digitais, a finlandesa Nokia ganhou o controle do mercado. Já na era dos smartphones, a coreana Samsung e a americana Apple derrubaram a Nokia. A Samsung optou por arriscar na criação de algo novo em vez de investir em aparelhos como os

que a Motorola e a Nokia faziam. É isso que chamo de estratégia de *leapfrogging*. A empresa não precisou dominar tecnologias e processos anteriores para investir em algo novo. Muitas vezes, para alcançar o líder é preciso mudar o alvo, investir em novas tecnologias, e isso envolve riscos.

Qual o papel do Estado no desempenho das empresas que buscam liderança?

Há nações como China e Coreia do Sul que fortaleceram setores industriais aplicando medidas protecionistas. O Estado deve atuar no financiamento da inovação, inclusive compartilhando riscos tecnológicos. Quando uma empresa decide ingressar em um novo segmento ou apostar em uma tecnologia disruptiva, ela não pode fazer isso sozinha.

Nos anos 1980, Brasil e Coreia estavam praticamente no mesmo patamar socioeconômico. Por que o país asiático conseguiu prosperar como potência tecnológica e o Brasil não acompanhou?

O Brasil abriu tardiamente seu mercado e demorou para adotar políticas e incentivos capazes de gerar campeões nacionais em áreas tecnológicas. Além disso, o Brasil tem um mercado doméstico muito grande, o que pode ter contribuído para as empresas se concentrarem na demanda interna e não se internacionalizarem. A Coreia, com um mercado interno bem menor, precisou conquistar os de outros países. Isso forçou as empresas coreanas a investir em inovação, caso contrário não sobreviveriam.

Qual a importância atual dos chamados clusters tecnológicos, como o Vale do Silício?

Os sistemas de inovação continuam dependendo do surgimento de startups com potencial de desenvolverem novas tecnologias e, assim, gerar novos líderes. Os clusters de inovação são fundamentais para atingir esse objetivo, embora eu observe que as startups pareçam mais empenhadas em progredir para serem adquiridas por grandes companhias do que para se tornarem elas próprias grandes empresas. Esses polos conseguem proporcionar um ambiente de sinergia entre grandes e pequenas empresas. Trata-se de um ambiente propício para o compartilhamento de ideias e conhecimento. ■

O linguista libertário

Um dos precursores dos estudos sobre o português falado no Brasil preza a liberdade dos usuários da língua e critica o apego excessivo dos gramáticos às regras

Carlos Fioravanti | RETRATO Léo Ramos Chaves

Autodenominado caipira por ter nascido em Aracatuba e crescido em São José do Rio Preto, o linguista Ataliba Castilho diverte-se com as mudanças da língua. Uma das mais recentes é a transformação do pronome *que* em palavra variável, como em “*Ques* pessoas?”, identificada em redes sociais por um de seus estudantes de doutorado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Para ele, “ao se esforçarem para que as pessoas obedeam às regras, os gramáticos não viram que estavam dando um cala-boca no cidadão brasileiro”. A crítica aos gramáticos não significa que Castilho tenha alguma aversão a normas da língua culta, mas apenas que valoriza os limites geográficos e históricos do idioma.

Professor da Universidade Estadual Paulista (Unesp), de 1961 a 1975, da Unicamp, de 1975 a 1991, e da Universidade de São Paulo (USP), de 1993 a 2006, Castilho coordenou grandes projetos de pesquisa que ajudaram a definir a identidade do português falado no Brasil. O mais recente, o Projeto para a História do Português Brasileiro (PHPB), reuniu 200 pesquisadores de todo o país e os resultados consolidados estão sendo publicados agora. Para entender melhor o português brasileiro, Castilho criou uma abordagem multissistêmica da língua, um método de análise segundo o qual qualquer expressão linguística mobiliza simultaneamente quatro sistemas (léxico, gramática, semântica e discurso), que deveriam ser vistos de modo integrado.

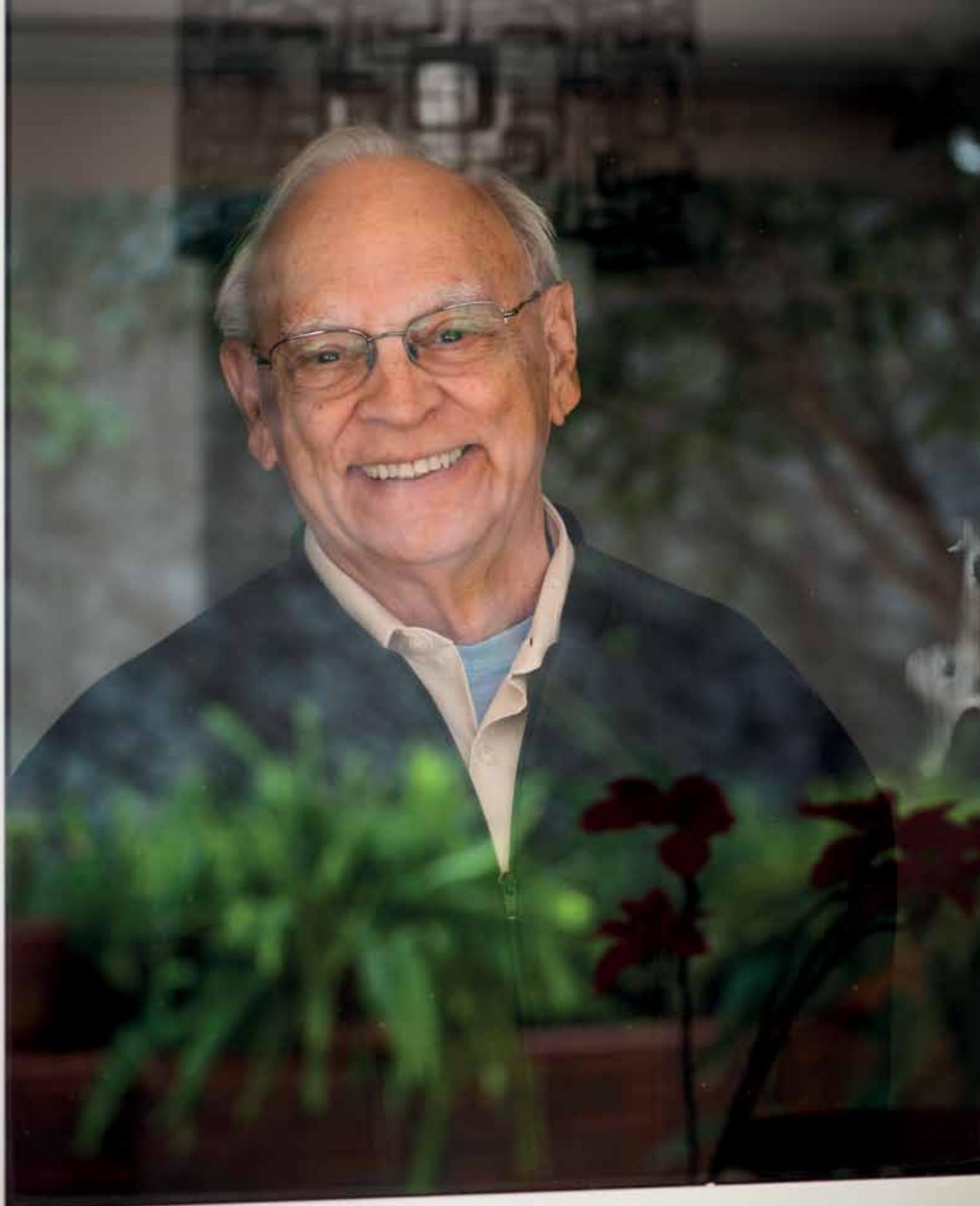
IDADE 80 anos

ESPECIALIDADE
Linguística

FORMAÇÃO
Graduação em letras clássicas (1959) e doutorado (1966) pela Universidade de São Paulo

INSTITUIÇÃO
Unicamp

PRODUÇÃO CIENTÍFICA
62 artigos, orientou teses e dissertações, é autor da *Nova gramática do português brasileiro* (Contexto, 2010), entre outros livros



Casado com a também linguista Célia Maria Moraes de Castilho, três filhos e quatro netos, Castilho viaja bastante: esteve em um congresso em Lisboa em julho e pretende ir a outro, em Coimbra, no próximo mês. Ele recebeu a equipe de *Pesquisa FAPESP* na sua casa, em Campinas, próxima à Unicamp, onde se aposentou em 1991 e continua como professor colaborador voluntário.

Em que pé está o Projeto para a História do Português Brasileiro, um de seus trabalhos mais recentes?

Esse projeto começou na USP em 1987. Quando começavam a surgir os resultados dos estudos sobre a língua falada, que tínhamos começado na década de 1970, perguntei para os meus colegas de onde tinha vindo tudo aquilo. Começamos então a reconstituir a história da implantação e do desenvolvimento do português brasileiro, com o mesmo método dos projetos anteriores: formação de grupos de trabalho, cronograma, seminários nacionais, publicação dos resultados. Saíram 10 volumes de estudos e agora está saindo a consolidação dos resultados, em 12 volumes. Sete volumes devem sair ainda neste ano. O primeiro será o volume 4, coordenado por Célia Lopes, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sobre a história dos substantivos, adjetivos e preposições. Será que tudo veio do português europeu ou inventamos algo? Uma estudante de doutorado que estou orientando na Unicamp, Flávia Orci Fernandes, percorreu as redes sociais e pegou marcas de plural no pronome *que*, que não é mais invariável. Hoje já se fala ou se escreve: *ques* pessoas? Como explicamos esse dinamismo da língua? Temos de documentar e explicar. A mudança do idioma vai criando outras regras. A classe culta ainda não aceitou, mas é uma questão de tempo, acabam aceitando. É um novo estágio da língua que está vindo.

Que outras mudanças estão vindo?

Nossos estudos estão indicando que o plural não será mais expresso pelo morfema *s* no final do substantivo, mas apenas pelo *s* no artigo, como em *os menino*, por causa de um mecanismo fonológico de abertura da sílaba. Parece que as consoantes estão se transformando mais do que as vogais. *Fazer* não está virando *fazê*? Outras consoantes no fim da palavra estão caindo, como *duas vez* em vez de



A línguas indígenas têm categorias que nem o diabo pensa. Existem 160 no Brasil e só 60 descritas

duas vezes. O plural está marcado nas duas palavras, é redundante, pode ser mais econômico marcar só o primeiro elemento e deixar o outro sem nada. O francês ainda guarda as consoantes finais na escrita, mas não mais na fala, como em *l' enfant, les enfants*, o *s* não aparece na língua falada. Acreditamos que teremos outra língua, diferente do português de Portugal. Os dois idiomas ainda são o mesmo, mas já mostram muitas diferenças. Uma projeção do ritmo dessa mudança, por meios estatísticos, indica que em 200 anos não vamos mais nos entender com os portugueses (*ver Pesquisa FAPESP n.º 230*).

O que mais o fascina no português brasileiro?

É a enorme variação de sotaques e de formas de execução da língua. É uma consequência de nossa história. Como os portugueses vieram em várias levadas, em cada região foi se desenvolvendo uma modalidade da mesma língua. Minha mulher, Célia, vem estudando quem eram esses portugueses e de onde vieram. Eles começaram a chegar em 1532 em São Vicente, e foi pelo atual estado de São Paulo que começou a lusitanização do Brasil. Ainda no século XVI

os portugueses chegaram ao Rio de Janeiro, a Salvador e ao Recife. No século XVIII, Santa Catarina e Rio Grande do Sul receberam outros portugueses, das ilhas da Madeira e de Açores, não do continente, como no século anterior. Para ver como era a língua portuguesa nos séculos XVI e XVII, Célia examinou os autores dos testamentos deixados pelos portugueses. Ela viu que 20% dos autores eram cristãos-novos, judeus sefarditas, que tinham ido para Portugal depois de serem expulsos da Espanha. Naquela época poucos sabiam escrever. Ela separou os escritos dos judeus, que viviam isolados. As mulheres não saíam de casa e tinham um português muito conservador. Já os homens tinham um lado mais conservador, que era o familiar, e outro menos, usado para fazer negócios. Comparando a escrita dos cristãos-novos com a dos portugueses, Célia separou o que era o idioma moderno da época – o dos portugueses – e o conservador, uma variação linguística. Ela também estudou detalhes da gramática para saber a base histórica do português caipira, que é a manutenção do português do século XV. Nosso *r* caipira é um resquício do português conservador, falado nessa época.

O r caipira tem 500 anos?

Ninguém sabe ao certo. Uns dizem que índios do Vale do Paraíba teriam esse *r*, mas a explicação só vale se se provar que essa tribo se estendeu sobre São Paulo e foi com os bandeirantes para o interior. Outros fonólogos acham que o *r* caipira é um traço que não se desenvolveu na fonologia portuguesa, mas poderia ter surgido naturalmente, como uma consequência do sistema fonológico, e não do contato com os índios. Sistema fonológico quer dizer sistema de sons. Sempre existem tendências para combinações de sons que explicam essas mudanças. Uma tendência do português brasileiro é a forma de tratar os sons sibilantes, é o que faz a diferença entre nós, paulistas, e os moradores do Rio de Janeiro, do Sul e do Nordeste. De onde veio o *s* chiado, como em “*ach* criançach”? Foi uma tendência palatizar o som sibilante. Agora essa mudança deu outro passo, porque a vogal em contexto palatal está se ditongando, como em “*aichs* pessoaisch”.

Por que as aulas de português e de gramática eram tão chatas e cheias de regras?

Porque ainda não existia a linguística, só a gramática escolar. O gramático tem uma percepção muito estrita da língua. Ele se vê como alguém que tem de defender a língua da mudança. Os linguistas também falam de regras porque consideram seu dever explicá-las, mas não ficam só nisso e as veem como uma grande curiosidade. Por que é assim? Sempre foi assim? É assim em todos os lugares? O gramático fica envolvido na aplicação das regras e vê as coisas novas como erradas e as velhas como certas. O problema é que eles, ao se esforçarem para que as pessoas obedecem às normas da língua, não viram que estavam dando um cala-boca no cidadão brasileiro. Como se dissessem: “Tem de falar e escrever de acordo com as regras. Não fale errado!”. E as pessoas, com medo de não conseguir, falam e escrevem pouco. Esse é um efeito da pregação do gramático tradicional. Não foi bom. O cidadão tem de se sentir à vontade para se expressar, participar dos debates, desenvolver o espírito democrático. O dono da língua é o falante, não o gramático. Aprendemos com o falante a língua como ele fala e procuramos saber por que está falando de um jeito ou de outro. A expressão veio do latim? Foi criada aqui? E podemos usar as estruturas, não apenas classificá-las e nomeá-las. Para que apenas saber as subclasses das orações subordinadas? Dizer que está falando errado não é uma atitude científica, de descoberta. A linguística substituiu o cala-boca ao prazer da descoberta científica. Foi só com a linguística que se ampliou o olhar e se passou a considerar que qualquer assunto é digno de estudo.

Como foi essa mudança?

A linguística começou no Brasil nos anos 1970. Houve um choque muito grande porque até então apenas os gramáticos estudavam a língua. Do lado dos linguistas, estavam Joaquim Mattoso Câmara Júnior [1904-1970], no Rio de Janeiro, Theodoro Henrique Maurer Júnior [1906-1979], em São Paulo, e Rosário Farani Mansur Guérios [1907-1987], em Curitiba. Foi Mansur que orientou Aryon Dall’Igna



Castilho entre os colegas João de Almeida (à esq.) e Wladimir Olivier na formatura do curso de letras na USP em 1959

Rodrigues [1925-2014] a ser um indigenista ao lhe dizer: “Em português você só vai redescobrir o que já se sabe, mas nas línguas indígenas não, porque não são indo-europeias e têm soluções e categorias totalmente diferentes. Isso sim é novidade”. Ele tinha razão, a estrutura da língua indígena tem categorias que nem o diabo pensa, e Aryon começou a linguística indígena no Brasil. Um linguista norte-americano, Daniel Everett, veio para a Unicamp nos anos 1970 e depois estudou a língua da comunidade pirahã, no Amazonas. Ele entrou em conflito com o linguista norte-americano Noam Chomsky, que dizia que o que chamamos de recursão era universal. Recursão é a possibilidade de aplicar uma regra repetidas vezes na construção das frases. Em português, toda vez que quero colocar um plural, coloco um s. No entanto, Everett não encontrou recursividade na língua dos pirahã, que também não tem palavras para números e cores. Chomsky teve de admitir a exceção à regra que ele imaginava ser geral. Os linguistas brasileiros podem contribuir muito para a teoria geral das línguas. Existem hoje 160 línguas indígenas no Brasil. Era o dobro, mas os índios que as falavam morreram. Dessas, só foram descritas 60.

Na década de 1970 o senhor começou o projeto da Norma Urbana Linguística Culta (Nurc). Como foi?

A ideia era descrever a língua falada culta. Foi uma surpresa, porque a língua da gente culta tinha muitas partes condenadas pelos gramáticos, o que mostrava que nosso catálogo de “erros” não estava levando em conta o uso real da língua portuguesa no Brasil. Esse projeto começou com um professor espanhol do Colégio do México, na Cidade do México, Juan Miguel Lope-Blanch [1927-2002]. Ele fazia dialetologia, ou seja, descrevia a língua das regiões rurais até perceber que as pessoas estavam migrando para as cidades. Decidiu então fazer dialetologia urbana. Nos anos 1960, Lope-Blanch propôs o estudo da norma urbana culta falada nas capitais, não apenas para o espanhol, mas em toda a América e em Portugal. Essa proposta entrou no Brasil também pelas mãos de um dialetólogo, Nelson

Rossi [1927-2014], da Universidade Federal da Bahia, que fez o primeiro atlas linguístico do Brasil. Em uma reunião em São Paulo em 1969, Rossi disse que Lope-Blanch queria estudar a língua das capitais, mas no Brasil nossa capital, Brasília, não servia como exemplo de fato linguístico relevante, porque era muito nova. Então escolhemos cinco capitais de estado, Recife, Salvador, Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre. Seguimos exatamente a mesma metodologia do projeto original. O Nurc foi muito bem nas gravações das entrevistas e depois nas transcrições, mas falhou na descrição. Foi feito um *corpus* gigantesco, com 1.500 horas de gravação. Quando chegou na descrição das estruturas – fonologia, morfologia, sintaxe –, não deu certo porque o questionário usado nas entrevistas não tinha uniformidade teórica, era um trambolho. Apliquei o questionário para estudar aspecto e tempo verbal e vi que aquilo não levaria a resultado nenhum, porque cada pergunta correspondia a uma teoria, diferente da que embasava a pergunta seguinte. Escrevi um texto sobre a não praticabilidade do questionário para a etapa mais importante, a descrição, o conhecimento. Em 1981, em um congresso na Universidade Cornell, nos Estados Unidos, li o texto.

Pensei que Lope-Branch iria me matar, pois ele era muito enfático em suas intervenções, mas caí do cavalo. Sabe o que ele disse? “Você tem razão.” Quando não tínhamos como decidir, submetíamos a questão a uma votação, como se ciência fosse democracia. Não é, tem de ter coerência no conceito e não decidir no voto. Quando ele falou isso, concluí que tínhamos de sair do projeto. Mas, ao mesmo tempo, não podíamos deixar de usar a maravilhosa quantidade de dados que o Nurc já tinha produzido.

E o que fizeram?

Voltei inconformado com os rumos do projeto, mas depois tive a ideia de chamar os melhores linguistas do Brasil, que ainda não participavam do Nurc. Chamei Mary Kato e Rodolfo Ilari, da Unicamp, Leda Bisol, da PUC [Pontifícia Universidade Católica] do Rio Grande do Sul, Luiz Antônio Marcuschi [1946-2016], da Universidade Federal de Pernambuco, e vários outros. Expliquei que o Nurc havia empacado porque a metodologia não tinha consistência. Perguntei se eles topavam fazer uma gramática usando o material do Nurc. Ai me perguntaram como eu queria essa gramática. Respondi: “Como eu quero, não; como nós queremos; é o trabalho de um grupo”. Então lancei a proposta de cada um ir para um canto e escrever um texto intitulado “Minha gramática como a concebo”, assim mesmo, com esse cacófato. Os grupos com afinidade teórica se reuniram espontaneamente, os gerativistas, os funcionalistas, os estruturalistas, cada um de um lado. Como o que cada grupo escreveu formava um grupo de trabalho de pesquisa, nos dividimos de acordo com as ideias de cada um deles e planejamos nos encontrar uma vez por ano para discutir os resultados, usando de muita franqueza. Depois dos debates, cada um de nós recolhia o que tinha sobrado de seu texto, porque era muito séria a discussão. Depois, refazíamos os ensaios, que eram então publicados, formando uma coleção de nove volumes. Veio então o trabalho da consolidação dos resultados na gramática propriamente dita. Em 2006 saiu o primeiro dos oito volumes da coleção *Gramática do português falado*, pela Editora da Unicamp, *A construção do texto falado*, organizado por Clélia Jubran, da Unesp, e Ingedore Koch, da Unicamp. Elas fizeram uma teoria pa-

ra explicar as peculiaridades do texto oral. Já numa segunda edição, publicada pela Contexto, saíram sete volumes, entre 2012 e 2016. Com isso, o português brasileiro passou a ser a única língua da România nova a ter sua variedade culta amplamente documentada e descrita.

E quais são essas peculiaridades?

A língua falada é hesitante, interrompida, redundante, não planejada, fragmentada, incompleta, pouco elaborada, com pouca densidade informacional, frases curtas e simples. Vamos falando e criando ao mesmo tempo. Outra especificidade são os marcadores discursivos, o *tá?* e o *né?*, sempre no final das frases. Há, portanto, uma regra de disposição; a língua falada tem regularidades diferentes do português escrito. Outro ponto é que aprendemos a modalidade falada primeiro e depois a língua escrita. Parece um detalhe bobo, mas isso faz toda diferença. A língua escrita vem depois de modo impositivo, porque aprendemos a língua falada na família e a escrita na escola. Tudo isso dá uma diferença tremenda entre essas duas modalidades. A gramática tradicional só se preocupa com a língua escrita. Se con-



A língua falada é hesitante, redundante, fragmentada e incompleta, mas segue regularidades

centrar na língua escrita a descrição de um idioma, estarei pegando o ponto de chegada, não o ponto de partida, e vou ter um monte de ilusões sobre o funcionamento da língua que tomarei como verdadeiras. A partir dos anos 1980, fiquei picado por essa mosca e me perguntei qual teoria poderia tirar daquilo. Criei a abordagem multissistêmica da língua, que usei como base da *Nova gramática do português brasileiro* e reelaborei para uma apresentação no 11º Lusitanistentag, dia dos lusitanistas, organizado há dois anos em Aachen, na Alemanha.

Como definir a abordagem multissistêmica?

É muito simples. Toda a linguística sempre girou em volta de três eixos: fonética e fonologia [estudo dos sons], morfologia [estudo das flexões] e sintaxe [estudo das relações entre as palavras]. Além desse sistema, que constitui a gramática, temos a semântica, que trata do sentido, o discurso, que é o modo como as pessoas compõem o texto, e o léxico, ou seja, as palavras. Estamos então falando da língua como um conjunto de quatro sistemas, o léxico, a gramática, a semântica e o discurso. Para descrever um fenômeno de modo completo, tenho de passar por esses quatro sistemas: léxico, semântica, gramática e discurso. Um indivíduo sozinho consegue fazer isso? Não. O estudo de uma língua tem de ser feito em grupo. Esse é o corolário do Nurc, da Gramática do Português Falado e do Projeto para a História do Português Brasileiro, que também estimula a convivência de gente com visões diferentes, abrigando sociolinguistas, gerativistas, funcionalistas e cognitivistas.

Como o senhor faz para reunir pessoas com visões diferentes?

Eu respeito o pensamento diferente. E ao respeitar você junta as pessoas. Ninguém quer ficar levando lambada dos outros. Ciência não existe para isso, mas para unir as pessoas na descoberta do conhecimento. Algumas pessoas têm mais facilidade e outras, mais dificuldade para fazer isso. Quando as coisas emperram e as opiniões parecem inconciliáveis, às vezes tenho de lembrar: “E a nossa obrigação, o nosso dever?”. Vou com meu discurso de protestante presbiteriano. Fui criado nessa igreja em São José do Rio Preto.

Quem foi e como era sua primeira professora ou professor de português?

Foi o professor Amaury de Assis Ferreira [1920-1995], pai do apresentador de TV Amauri Jr. Era um professor muito bom, lia e estudava muito, mostrava os livros que comprava com muito entusiasmo. De vez em quando eu ia na casa dele, meu pai era eletricitista e ia trocar a resistência de seu fogão elétrico. Ele me chamava e mostrava a biblioteca e os livros que tinha comprado. Ele tinha muito prazer no que ele fazia. Pensei: “Quero ser um cara assim”. Depois peguei outros professores ótimos em São Paulo, como o Theodoro Maurer, meu orientador de doutorado. Quietinho, magrinho, filho de suíços, ele escreveu sozinho um dos trabalhos mais extensos do mundo sobre a gramática e a sintaxe do latim vulgar. Ele tinha outra liderança, que descobri por acaso, andando no bairro da Consolação, em São Paulo. Em frente a uma casa, ouvi uns cantos presbiterianos. Olhei pela porta e estavam lá o Maurer e um professor de filologia, Isaac Nicolau Sallum [1913-1993]. Eles estavam estudando o evangelho de São Mateus, todos lendo em grego! Eu fazia letras clássicas, latim e grego, e fiquei espantado ao ver os professores discutindo grego no original. Perguntei: “Por que o senhor não chama os alunos?”. “Não posso”, ele disse, “a universidade é leiga”. Além de ser catedrático em línguas românicas e pastor evangélico que sabia latim, grego e hebraico, ele era presidente do diretório de São Paulo de um partido político. E não contava nada disso na universidade.

O senhor foi para a USP com bolsa da prefeitura de Rio Preto?

Fui. Minha família era muito modesta e eu tinha de pagar pensão na capital. Um colega meu disse que a prefeitura de Rio Preto dava bolsa para quem entrasse na USP ou na então chamada Universidade Nacional do Rio de Janeiro. Logo depois de entrar, em 1956, levei o documento de matrícula e deram a bolsa na hora. Eram 200 cruzeiros, dado tudo de uma vez, para passar o ano inteirinho. A partir do terceiro ano, aumentou a inflação e a bolsa só dava para meio ano. Aí comecei a lecionar, para complementar. Em 1959 e 1960, dei aula de português no ginásio estadual Francisco Roswell Freire, em São Miguel Paulista, e em 1960 lecionei latim no Ginásio Estadual e Escola Normal de



Na Unesp, procuramos criar um programa de trabalho. Víamos o que se fazia na USP para fazer diferente

Suzano, na Grande São Paulo. Adorei essa experiência. São Miguel era um bairro industrial e a escola, para os alunos, era a saída para terem uma profissão e não ficarem naquele mundo. Tratavam os professores muito bem. A primeira coisa que notei ao chegar no colégio de São Miguel foi que não tinha biblioteca. Como vou dar aula de português sem biblioteca? Mas tinha um órgão de cooperação escolar, que recolhia um dinheirinho dos pais que pudessem dar. Perguntei para o diretor se podia usar o dinheiro para comprar livros e ele disse que podia. Eu morava na rua Guaianazes, em frente à Editora Nacional, e comprava os livros com desconto, deixava na escola e um aluno tomava conta. Comprava romances históricos de Paulo Setúbal [1893-1937] e de Monteiro Lobato [1882-1948] e os livros da coleção do Clube do Livro. Os alunos gostavam muito. Foi em São Miguel que conheci minha mulher. Ela estudava lá, mas não dei aula para ela.

O que o senhor ensinava em São Miguel?

Eu imitava meu professor de Rio Preto. Procurava dar aulas animadas, dava serviço para os alunos, valorizava o que eles faziam, apertava quando não estava certo.

Gramática não dava tanto. Fazia o que o programa exigia, mas com ênfase na leitura. Depois fui convidado para trabalhar no que seria a Unesp de Marília. Cidade pequena, grupo pequeno, com pessoas procurando um destino. O professor de latim, Enzo Del Carratore, tinha sido meu colega de turma na USP. Éramos todos jovens e procuramos criar um programa de trabalho. Víamos o que estavam estudando na USP. Linguística histórica? Então vamos fazer linguística descritiva. Concentravam-se na língua escrita? Então vamos estudar língua falada. Aquilo definiu as nossas vidas, porque decidimos logo o que fazer. Queríamos pesquisar temas diferentes. Grandes linguistas, Maurer, Mattoso Câmara Júnior, Nelson Rossi, vieram apresentar seus textos, a nosso convite.

Qual sua participação no Museu da Língua Portuguesa?

Em 2004, Jarbas Mantovanini, que atuava na Fundação Roberto Marinho, apareceu na USP, apresentou o projeto do museu e disse que queria me fazer dois pedidos. O primeiro era dar ideias para o museu. O segundo era para fazer a linha do tempo sobre a história do português. Aryon iria fazer a parte das línguas indígenas e Yeda Pessoa de Castro, da Universidade Federal da Bahia, se ocuparia das línguas africanas. Jarbas disse para chamar quem eu quisesse. Chamei Mário Viaro e Marilza de Oliveira, os dois da USP, para fazer outras partes. Jarbas me perguntou como eu queria representar a linha do tempo, se com filmes ou painéis fixos. Preferi os painéis, porque já haveria filmes do outro lado da sala. Entreguei o projeto, ele gostou: “Está tudo muito bonito, mas no lugar do último quadro vou colocar um espelho. Todos vão percorrer aquela baita história de 2 mil anos e quando chegarem no final vão ver a si mesmos”. Sabe que ele acertou na mosca? Muita gente que via a própria imagem, depois de fazer o percurso histórico, caía no choro. Uma colega de Minas, Maria Antonieta Cohen, ia no começo para ver o museu e depois para ver as pessoas quando chegavam no espelho. Ela me perguntou: “Por que será que elas choram?”. Fiquei pensando muito naquilo. As pessoas choravam, decerto, porque viam ali sua identidade. O que é a língua portuguesa? Sou eu, que represento agora todo esse percurso. A língua é minha identidade. ■

Floresta revigorada

Estudo identifica os fatores que favorecem a recuperação da Mata Atlântica na porção paulista do Vale do Paraíba

Rodrigo de Oliveira Andrade

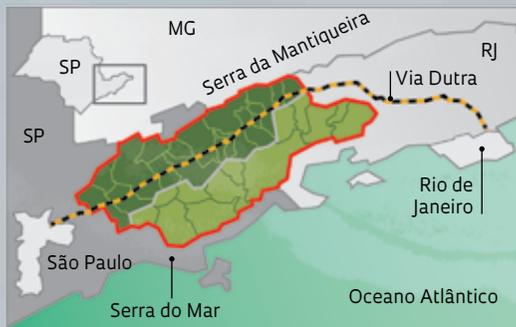
Em Cunha, próximo à serra do Mar, a mata se regenera em áreas mais inclinadas, em meio a antigas pastagens



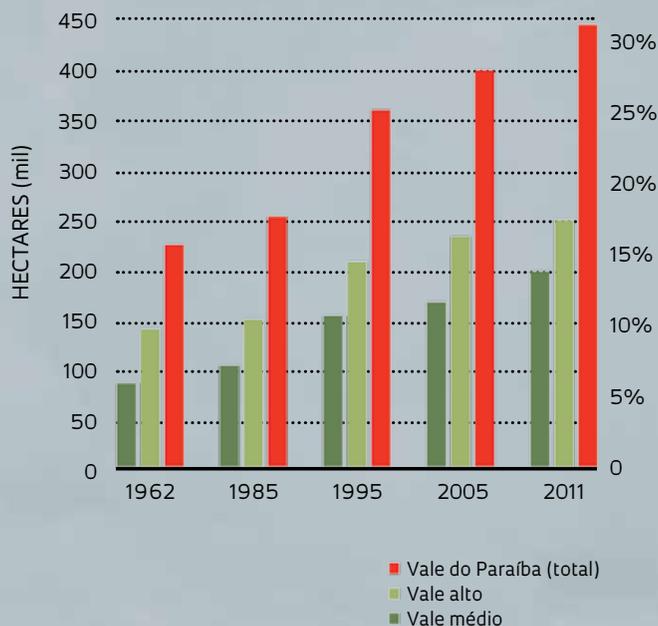
A VOLTA DO VERDE

No quadro à direita, como cresceu a cobertura vegetal no Vale do Paraíba

FOTO RAMON BICUDO



FONTE SILVA, R. F. B. ET AL. / ENVIRONMENTAL SCIENCE & POLICY



A pós séculos de degradação, a Mata Atlântica mostra sinais inequívocos de recuperação no Vale do Paraíba, no caminho entre Rio de Janeiro e São Paulo. Nos últimos 50 anos, a vegetação nativa mais que dobrou. Em 1962, a área de Mata Atlântica se estendia por pouco mais de 200 mil hectares. Em 1995 esse número subiu para 350 mil hectares e, em 2011, para cerca de 450 mil hectares, o equivalente a 30% do território paulista do Vale do Paraíba. A reconstituição gradual e espontânea de parte da floresta parece ser resultado de uma convergência de fatores sociais, econômicos e ambientais, desencadeados a partir da década de 1950, conforme verificou o biólogo Ramon Felipe Bicudo da Silva, do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Universidade Estadual de Campinas (Nepam-Unicamp), em uma pesquisa de doutorado sob orientação do biólogo Mateus Batistella, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e do antropólogo Emílio Moran, da Universidade Estadual de Michigan, nos Estados Unidos.

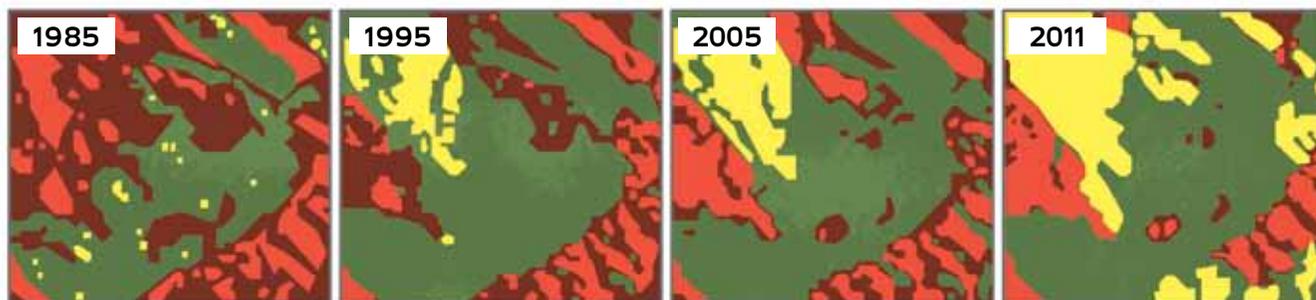
“A Mata Atlântica no Vale do Paraíba passa por um processo conhecido como transição florestal, quando há uma mudança nas características de uso da terra, saindo de um período de constante redução da vegetação nativa para outro de expansão natural das florestas originais”, explica Ramon. “Ali, a transição está relacionada ao abandono de áreas de topografia incompatível com a agri-

COBERTURA FLORESTAL — 18,51%

25,96%

28,81%

32,18%



Representação do padrão da evolução da cobertura de floresta (em %) composta por Mata Atlântica e culturas de eucalipto sobre antigas áreas de pastagem no Vale do Paraíba

■ Mata Atlântica
■ Cultura de eucalipto
■ Pasto degradado
■ Pasto de manejo

cultura mecanizada, a projetos de preservação ambiental envolvendo o cultivo de eucalipto e à migração das populações rurais para grandes centros urbanos.” As conclusões se baseiam em imagens do satélite Landsat 5, em dados sobre o desenvolvimento industrial da região e em entrevistas com produtores rurais, pesquisadores de universidades, representantes de organizações não governamentais (ONGs) e de órgãos de governo.

Desde a colonização portuguesa, a Mata Atlântica foi submetida a longos períodos de uso intensivo e desregulado da terra. Foi assim à época da extração do pau-brasil e do cultivo de cana-de-açúcar, entre os séculos XVI e XVIII, passando pelos ciclos do ouro e do café e, mais recentemente, pela pecuária e expansão urbana. Hoje, a área de mata, que já ocupou mais de 1 milhão de quilômetros quadrados (km²) espalhados por 17 estados brasileiros, reduz-se a singelas manchas florestais de cerca de 50 hectares cada, segundo o último *Atlas de remanescentes florestais da Mata Atlântica*, da Fundação SOS Mata Atlântica e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

A porção de floresta no Vale do Paraíba foi uma das mais atingidas. A região se tornou em fins do século XIX o eixo entre os dois maiores centros metropolitanos do país. A partir da década de 1920, começou a passar por um intenso processo de industrialização, consolidado com a inauguração da rodovia Presidente Dutra nos anos 1950 e a criação do complexo tecnológico-industrial aeroespacial de São José dos Campos. Ao analisar dados históricos e levantamentos estatísticos feitos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os pesquisadores constataram que a urbanização da

região, somada à perda de produtividade das pastagens, desencadeou um intenso fluxo de habitantes da zona rural rumo aos centros econômicos e industriais do Vale do Paraíba, como as cidades de Taubaté e São José dos Campos. “À medida que a industrialização e a urbanização se intensificaram, mudanças nas forças sociais e econômicas estimularam o abandono das terras agrícolas, sobretudo em áreas mais acidentadas”, explica Ramon. Alguns habitantes da região permaneceram em suas propriedades, mas deixaram de usá-las para a atividade agropecuária, passando a trabalhar nas cidades. “Esse tipo de fenômeno ajudou a criar as condições ideais para a regeneração natural da floresta”, comenta o biólogo Ricardo Ribeiro Rodrigues, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), especialista em recuperação florestal.

Entre as décadas de 1960 e 1980, a atividade agropecuária no Vale do Paraíba diminuiu 13%, o que contribuiu para a estagnação dos índices de desmatamento na região. Desde então, a Mata Atlântica iniciou um processo espontâneo de regeneração. Muitas terras abandonadas se converteram em pequenos bosques de vegetação secundária, resultando em um aumento da cobertura florestal.

Os resultados sugerem uma relação positiva entre o desenvolvimento econômico e a conservação, diz Moran

Para Emilio Moran, os resultados reforçam estudos que verificaram processos pontuais de regeneração natural da Mata Atlântica em outras regiões do Brasil. Um deles é um levantamento da SOS Mata Atlântica e do Inpe que registrou um total de 219 mil hectares de Mata Atlântica em recuperação em regiões antes ocupadas por pastagens em nove estados brasileiros, de 1985 a 2015. Esse fenômeno também foi observado em outros países. Em Indiana, nos Estados Unidos, parte da vegetação nativa no sul do estado foi convertida em cultivo de milho e soja em fins do século XIX, restando pouco mais de 5% da cobertura florestal original. “A produção depois migrou para áreas mais adequadas para o cultivo dessas culturas no norte do estado e, ao longo de quase um século, a vegetação se regenerou, dando origem ao que hoje são reservas estaduais”, explica Moran. Mais recentemente, em Medellín, na Colômbia, constatou-se que a vegetação nativa em áreas antes controladas pelo narcotráfico e usadas para a plantação de coca começaram a se regenerar após o fim dos conflitos armados naquela região do país.

PRODUÇÃO DE EUCALIPTO

Os pesquisadores também observaram que a regeneração florestal havia sido mais acentuada em áreas próximas



Projetos de preservação ambiental em Taubaté: exemplo de regeneração da mata

a remanescentes florestais originais e em terrenos menos aptos à agricultura, próximos a escarpas e ribanceiras. “As áreas antes usadas como pastagem contribuíram com cerca de 75% para as novas áreas florestais nas últimas décadas no Vale do Paraíba”, afirma Mateus Bastistella, da Embrapa. Também houve um aumento considerável de vegetação nativa em áreas hoje usadas para a plantação de eucalipto. A produção dessa árvore costuma ser associada à degradação do meio ambiente, seja pelo ressecamento do solo ou pela diminuição da diversidade biológica nas regiões onde é cultivada. Mas, no caso da porção paulista do Vale do Paraíba, explica o pesquisador, houve um impacto positivo na regeneração florestal: para poder plantar eucaliptos, os produtores precisam de certificações ambientais. Para obtê-las, foram obrigados a proteger fragmentos de vegetação nativa, que se ampliaram naturalmente com o tempo, e a restaurar áreas de mata ciliar, que também se tornaram florestas nesse período.

O cultivo de eucalipto para a produção de celulose estabeleceu-se na região nos anos 1960, principalmente em áreas de pastagens abandonadas ou degradadas, como as encontradas nos municípios de Jambeiro, Natividade da Serra, Paraibuna, Redenção da Serra, Santa Branca e

São Luís do Paraitinga. Juntas, essas seis cidades contribuíram para 53,8% da expansão do cultivo de eucalipto no Vale do Paraíba – de 13.115 hectares, em 1985, para 38.958 hectares, em 2011. Durante esse período, a cobertura florestal expandiu-se em 77%. Hoje, aproximadamente 89% da celulose produzida no Vale do Paraíba é vendida para mercados da China e Europa. A crescente demanda global por produtos sustentáveis vem forçando as empresas a seguir normas e práticas de gestão ambiental específicas para a obtenção de certificação ambiental. “Essas certificações são fundamentais para o mercado de commodities de celulose, contribuindo para que a plantação de eucalipto influenciasse positivamente a recuperação de matas nativas em seu entorno”, afirma Batistella.

FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL

A partir de entrevistas com representantes de ONGs e mais de 90 produtores rurais do Vale do Paraíba, os pesquisadores identificaram outros elementos que contribuíram para a regeneração de parcelas de floresta na região. Uma delas é a Lei da Mata Atlântica, de 2006, que introduziu incentivos financeiros para projetos de restauração ambiental. Também a fiscalização feita nas últimas duas décadas pela Polícia Militar Am-

biental (PMA) de São Paulo ajudou a coibir o desmatamento e as queimadas. De acordo com informações do banco de dados da própria PMA, pouco mais de 9.500 ocorrências de violações ambientais foram registradas na porção paulista do Vale do Paraíba entre 2003 e 2013, mais da metade envolvendo o corte ilegal de árvores. Ainda assim, a extensão das áreas afetadas pelo desmatamento teve uma redução considerável no mesmo período.

Muitas das ocorrências registradas foram denunciadas pela população. Segundo Ramon, ferramentas de governança como legislação, sanções e distribuição de materiais de orientação favoreceram o desenvolvimento de uma noção de cidadania ambiental e um maior engajamento em parte da população do Vale do Paraíba. “Os resultados sugerem o estabelecimento de uma relação positiva entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental na região, e que o processo de transição florestal pode ser acelerado por uma sociedade ambientalmente consciente”, afirma Moran.

O fenômeno do Vale do Paraíba pode orientar projetos de restauração florestal em áreas onde existam processos históricos e econômicos semelhantes. Já em regiões onde a mecanização agrícola é intensa e os poucos remanescentes florestais que sobraram são muito degradados, pode ser necessário investir em outras estratégias de restauração. “Nessas condições, outras iniciativas são recomendadas, como o plantio de sementes ou de mudas de espécies nativas”, diz Ricardo Rodrigues, da Esalq-USP. ■

Projeto

Florestas plantadas e Mata Atlântica: Análise do uso e cobertura da terra e suas conexões ambientais, políticas e socioeconômicas (nº 11/13568-0); **Modalidade** Bolsa de Doutorado; **Pesquisador responsável** Mateus Bastistella (Embrapa); **Bolsista** Ramon Felipe Bicudo da Silva (Unicamp); **Investimento** R\$ 125.430,79 + R\$ 38.768,56 (Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior – Bepe).

Artigos científicos

SILVA, R. F. B. *et al.* Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **Environmental Science & Policy**. v. 74, p. 14-22. 2017.

SILVA, R. F. B. *et al.* Drivers of land change: Human-environment interactions and the Atlantic Forest transition in the Paraíba Valley, Brazil. **Land Use Policy**. v. 58, p. 133-44. 2016.

SILVA, R. F. B. *et al.* Land changes fostering Atlantic Forest transition in Brazil: Evidence from the Paraíba Valley. **The Professional Geographer**. 2016.



Parceria com o público

Pesquisas científicas realizadas com a participação de leigos ganham espaço

Bruno de Pierro



Momentos antes de o eclipse total do Sol atravessar os Estados Unidos de costa a costa no dia 21 de agosto, a agência espacial norte-americana (Nasa) convidou o público para colaborar em um experimento bastante simples. Munidos de termômetros e smartphones, milhares de voluntários espalhados pelo país foram instruídos a baixar um aplicativo e registrar nele eventuais mudanças de temperatura no ambiente durante o eclipse. Os participantes também deveriam reportar se a velocidade e a direção das nuvens sofreram alterações abruptas. As informações coletadas pelos celulares abasteceram uma base de dados e serão utilizadas em estudos ambientais. “A população pode nos ajudar a entender quais são os efeitos de um evento raro, como o eclipse solar, na atmosfera”, disse à rede de televisão Fox News Elizabeth MacDonald, pesquisadora da agência.

A iniciativa é inspirada em um modelo conhecido como ciência cidadã, que estimula a produção do conhecimento por meio da colaboração entre pesquisadores e público leigo. A participação de amadores na atividade científica não é novidade – a figura do cientista profissional só surgiu no século XIX. Nas últimas décadas, com o uso de tecnologias digitais,

Laboratório do MediaLab-Prado, na Espanha (à esq.), onde pesquisadores e público trabalham juntos (à dir.)

tornou-se recorrente pesquisadores convidarem o público para cooperar, por exemplo, na coleta de dados meteorológicos ou no mapeamento de espécies. “Mídias sociais, bases de dados eletrônicas e dispositivos como tablets e smartphones oferecem novas possibilidades de compartilhar ideias e informações entre cientistas e cidadãos”, avalia o biólogo Robert Stevenson, professor da Universidade de Massachusetts, nos Estados Unidos, um estudioso da ciência cidadã.

Nos últimos anos, organizações como os Institutos Nacionais de Saúde (NIH) e a National Science Foundation (NSF), nos Estados Unidos, passaram a apoiar projetos que incluem ciência cidadã e estudos que buscam as melhores práticas para assegurar a integridade científica em pesquisas feitas em colaboração com o público. No ano passado, a Comissão Europeia se comprometeu a financiar, por meio do programa Horizonte 2020, projetos que envolvem ciência cidadã. A iniciativa é uma parceria com o Doing it Together Science, um consórcio formado por instituições científicas e organizações não governamentais sob coordenação do University College London, no Reino Unido. No Brasil, o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR), um projeto do governo federal, anunciou em fevereiro que irá apoiar a formação de uma Rede Brasileira de Ciência Cidadã em Biodiversidade, em que cidadãos ajudarão no monitoramento de espécies.

Algumas experiências bem-sucedidas que ganharam proporções globais nos

últimos anos inspiram os novos projetos. Uma delas é o eBird, iniciativa lançada em 2002 pela Universidade Cornell, nos Estados Unidos, que reúne dados de aves fornecidos por observadores amadores e ornitólogos. A plataforma tem mais de 300 mil usuários de 252 países e cerca de 300 milhões de registros de aproximadamente 10.300 espécies de aves. Uma versão brasileira do eBird está em funcionamento desde 2015 (ver Pesquisa FAPESP nº 245). “Em 16 anos de existência, o eBird tornou-se uma referência em estudos de aves e gera conhecimento capaz

de auxiliar na elaboração de estratégias para a conservação da biodiversidade”, afirma Stevenson.

Outra iniciativa é o Galaxy Zoo, criado por pesquisadores vinculados a várias instituições norte-americanas que convocam astrônomos amadores para ajudar a classificar imagens de galáxias geradas por telescópios. Desde seu lançamento em 2007, a comunidade do Galaxy Zoo identificou um conjunto de galáxias e muitas dessas descobertas foram relatadas em artigos científicos. A astronomia talvez seja o campo do conhecimento



Projetos de ciência cidadã devem adotar procedimentos rigorosos para validar dados, diz Robert Stevenson



Nos Estados Unidos, voluntários ajudam cientistas a monitorar borboletas (esq.), insetos polinizadores (centro) e até cabras que vivem em um parque nacional



Observadores
amadores de aves
participam de
atividade de pesquisa
no Instituto Butantan,
em São Paulo



mação científica”, afirma Stevenson. Um dos motivos, ele explica, é a desconfiança em relação à qualidade dos dados produzidos. “Os projetos de ciência cidadã devem adotar procedimentos rigorosos para assegurar a validade dos dados.” Para a pesquisadora Andrea Wiggins, da Universidade de Maryland, nos Estados Unidos, projetos bem-sucedidos como o eBird dependem de um conjunto de metodologias capazes de aumentar a precisão dos dados. “Trata-se de oferecer aos voluntários treinamento técnico para executar as tarefas propostas pelos cientistas. Além disso, os dados coletados pelos cidadãos devem passar pelo crivo de especialistas”, escreveu Wiggins em artigo publicado em 2016.

Na Universidade Federal do ABC (UFABC), um grupo de pesquisadores propõe, aplica e avalia protocolos que orientam o trabalho de voluntários em projetos de ciência cidadã. “Elaboramos um passo a passo que mostra ao participante, em linguagem clara e objetiva, os objetivos da pesquisa e recomendações que devem ser seguidas durante o trabalho”, explica a bióloga Natália Pirani Ghilardi-Lopes, coordenadora do Grupo de Pesquisa em Ciência Cidadã da UFABC. A finalidade, diz ela, é estabelecer padrões para que a obtenção e a análise de dados sejam feitas com o máximo de precisão possível. Essa metodologia vem sendo testada em alguns estudos do grupo. Um deles é o mestrado da bióloga Larissa de Araújo Kawabe, que envolve dados obtidos na Estação Ecológica Tupinambás, no litoral norte de São Paulo. O projeto conta com a participação de funcionários da estação que são mergulhadores e que, munidos de câmeras subaquáticas, ajudam a coletar imagens dos costões rochosos na ilha das Palmas. O objetivo é monitorar organismos marinhos, como algas e esponjas.

Posteriormente, para a análise das fotos, os participantes passam por um treinamento de quatro horas – uma das

em que a participação do público ocorra há mais tempo. “Após a publicação dos trabalhos do italiano Galileu Galilei, começaram a aparecer sociedades civis de observação do céu”, comenta Augusto Damineili, professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP). Atualmente, com a ampliação do acesso a telescópios de pequeno porte e da circulação de imagens de satélites em sites especializados, a astronomia amadora participa da identificação de estrelas, asteroides e planetas. No início do ano, o mecânico e astrônomo amador australiano Andrew Grey descobriu um sistema formado por quatro exoplanetas, após avaliar mais de mil imagens de estrelas registradas pelo telescópio Kepler, da Nasa, disponibilizadas na internet pela plataforma Exoplanet Explorers. O feito foi validado por astrônomos profissionais e rendeu a publicação de um *paper*, com Grey como coautor.

“Eu mesmo já publiquei em coautoria com não acadêmicos”, sublinha Damineili. Em 2014, ele coordenou uma pesquisa sobre o apagão da Eta Carinae, sistema composto por duas estrelas, registrado naquele ano. “Era necessário observar ao longo de 10 meses seguidos, todas as noites, utilizando espectroscopia”, conta. “Divulgamos uma chamada internacional pedindo a colaboração de amadores e obtivemos ajuda de quatro voluntários na Nova Zelândia e na

Uma enorme quantidade de conhecimento emerge fora das universidades, diz Antonio Lafuente

Austrália.” Os dados de observação foram determinantes na descrição de um novo fenômeno, a formação de um buraco na superfície da estrela (ver Pesquisa FAPESP nº 244).

Uma das principais contribuições da colaboração do público em pesquisas é a produção de informações que talvez não pudessem ser geradas de outra maneira – em parte porque as iniciativas têm potencial para mobilizar um grande número de voluntários na coleta de dados em áreas extensas e durante longos períodos. Mas o modelo ainda encontra resistências. “Muitos pesquisadores têm receio de trabalhar com pessoas sem for-

diretrizes do protocolo. “Explicamos a eles como as fotografias foram obtidas e como devem ser analisadas posteriormente”, conta Larissa. Ela enfatiza que os voluntários participam não só da obtenção das fotos, mas também da identificação de organismos. Estudos como esse, por exemplo, podem servir para detectar precocemente a presença de espécies exóticas, como o coral-sol, fotografado na estação ecológica. Trata-se de uma espécie que está se espalhando pela costa brasileira, competindo com espécies nativas.

Boa parte dos projetos envolve o público exclusivamente na coleta de dados, mas alguns pesquisadores veem outras formas de participação dos amadores. De acordo com a cientista social Sarita Albagli, pesquisadora do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict), é possível identificar duas grandes abordagens de ciência

cidadã. A primeira utiliza voluntários para aumentar a velocidade e a quantidade da coleta de dados. “A segunda promove o envolvimento dos cidadãos também na discussão sobre as próprias questões e objetivos da pesquisa, com base nos conhecimentos obtidos a partir de suas experiências”, afirma Sarita, que coordenou um projeto em Ubatuba que buscou incorporar essa concepção de participação cidadã na pesquisa. Para Stevenson, da Universidade de Massachusetts, envolver o público em todas as etapas da pesquisa nem sempre é factível. “Há temas que não despertam tanto interesse do público e outros que exigem das pessoas muito tempo de treinamento e dedicação”, diz ele.

Algumas experiências internacionais têm incentivado interações mais profundas. Uma delas é o MediaLab-Prado, espaço cultural criado há 10 anos pela prefeitura de Madri, na Espanha,

conhecido pela difusão de um modelo de laboratório cidadão. Pesquisadores, ativistas e cidadãos reúnem-se para investigar possíveis soluções de problemas, em diferentes linhas de pesquisa, como urbanismo, participação social e tecnologias sociais. “Essa iniciativa passou a promover, por meio de editais públicos, experiências de investigação colaborativa e inovação social que receberam o nome de laboratórios cidadãos”, explica Henrique Parra, professor da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), atualmente em um estágio de pós-doutorado no Conselho Superior de Investigação Científica da Espanha.

Qualquer pessoa que tenha uma proposta de pesquisa pode concorrer aos editais do MediaLab-Prado. Se o projeto for aprovado, o participante passa a fazer parte de uma rede de colaboradores acadêmicos e não acadêmicos, que poderão ajudar no desenvolvimento do trabalho. Antonio Lafuente, pesquisador do Centro de Ciências Humanas e Sociais do Conselho Superior de Investigações Científicas da Espanha e um dos diretores do MediaLab-Prado, explica que a ideia é criar ambientes onde problemas possam ser identificados, documentados e contrastados com diferentes pontos de vista. “Uma enorme quantidade de conhecimento emerge fora das universidades e instituições de pesquisa. Não se trata mais de separar o mundo entre os que sabem e os que não sabem, mas de unir experiências”, propõe Lafuente.

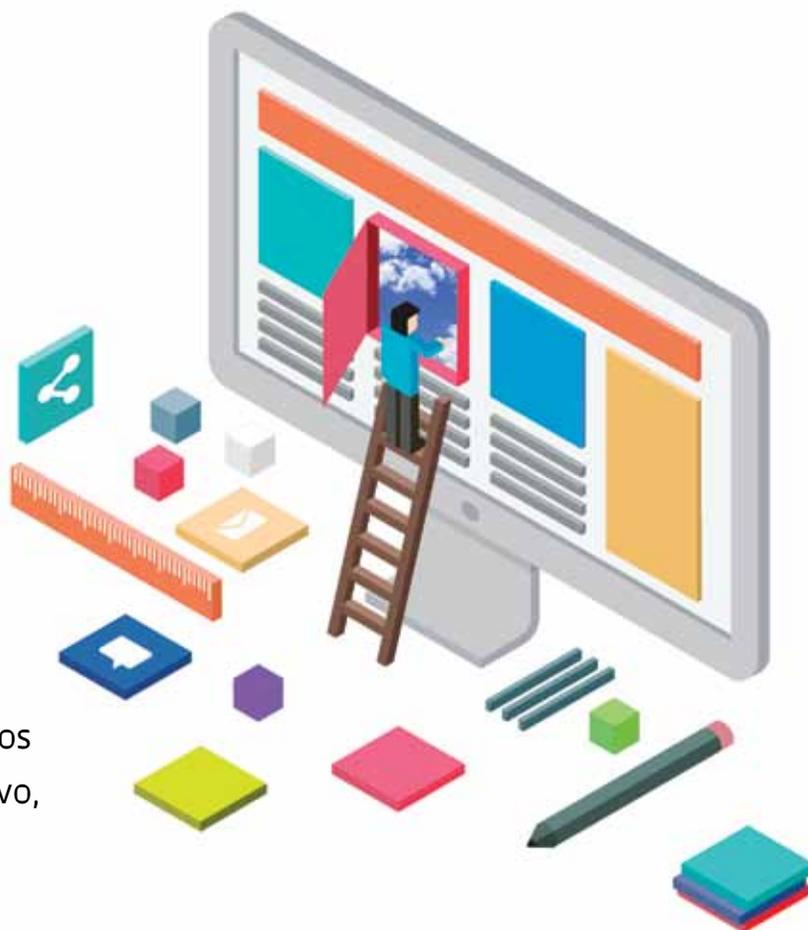
Ainda que pontuais, outras iniciativas semelhantes ao MediaLab-Prado buscam propor formas mais amplas de colaboração na ciência. O Public Lab, por exemplo, nasceu após o vazamento de petróleo no golfo do México em 2010. Diante da falta de informações oficiais sobre o desastre, moradores da costa sul dos Estados Unidos, em parceria com pesquisadores e engenheiros, construíram pequenos sistemas de monitoramento utilizando balões e câmeras digitais para coletar imagens em tempo real. Foram produzidas mais de 100 mil imagens aéreas de alta resolução. O episódio levou à criação de uma comunidade aberta, o Public Lab, hoje mantido por doações de instituições como o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e a NSF. ■



Funcionários da Estação Ecológica Tupinambás, no litoral norte de São Paulo, mergulham ao lado de pesquisadores para coletar dados sobre organismos marinhos



PRODUÇÃO CIENTÍFICA ACESSÍVEL



Acesso aberto a artigos publicados por revistas do Brasil é significativo, mas impacto ainda é limitado

Fabrizio Marques

O Brasil se destaca no panorama internacional do acesso aberto, movimento lançado no início dos anos 2000 com o objetivo de tornar a produção científica disponível on-line e sem custo para os leitores. Segundo dados compilados pelo grupo de pesquisa espanhol Scimago, 33,5% dos artigos de autores brasileiros indexados na base de dados Scopus em 2016 foram divulgados em periódicos que oferecem livremente para leitura na web todo o seu conteúdo assim que ele é publicado, num modelo conhecido como “via dourada”. Trata-se da maior proporção entre as 15 nações com maior volume de produção científica cadastrada na Scopus. O país também se distingue no ranking das nações com maior número de periódicos científicos de acesso aberto (ver quadros na página 47).

O engajamento de periódicos do Brasil no acesso aberto, que se contrapõe ao modelo tradicional de acesso por assinaturas, teve início antes mesmo de o

movimento ser criado internacionalmente. Tomou impulso a partir de 1997 com a criação da biblioteca virtual SciELO (sigla de Scientific Electronic Library Online), programa financiado pela FAPESP com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que reúne atualmente 283 periódicos do Brasil disponíveis na web – no total, eles publicaram mais de 300 mil artigos que foram objeto de uma média de 810 mil downloads diários nos oito primeiros meses de 2017.

De acordo com Abel Packer, coordenador-geral da SciELO, o programa vem ajudando a profissionalizar e internacionalizar dezenas de periódicos do país, permitindo sua indexação em bases de dados internacionais, além de dar mais visibilidade à produção científica brasileira. “Sai mais barato publicar em um periódico vinculado a SciELO, pois o objetivo final não é o lucro”, completa. O custo médio estimado do processo de avaliação, editoração, publicação e dis-

seminação dos periódicos indexados na SciELO é de US\$ 500 por artigo. A conta dobra se for preciso traduzir o *paper* para o inglês. “Vários estudos apontam uma média internacional de mais de US\$ 1,2 mil da taxa de publicação de artigos dos periódicos de acesso aberto via dourada”, diz Packer. “A quantia chega a US\$ 2.500 em periódicos híbridos”, afirma o coordenador da SciELO, referindo-se a revistas disponíveis só para assinantes, mas que divulgam *papers* em seus sites se o autor pagar uma quantia extra.

A maioria das revistas de acesso aberto do Brasil segue a via dourada, oferecendo acesso a todo o seu conteúdo sem que o leitor precise pagar. Nesse modelo, os custos podem ser cobertos ou pela cobrança dos autores de uma taxa de publicação de artigos (APC) ou por subsídios governamentais de agências ou entidades de fomento à pesquisa. No caso brasileiro, é raro cobrar taxas de autores. As despesas são bancadas por linhas de financiamento de órgãos como a Coordenação de Aperfeiçoamento de

Vias de difusão livre

Modelos de acesso aberto a publicações científicas

VIA DOURADA

Os periódicos oferecem acesso livre na web aos artigos logo que eles são publicados. Muitos cobram uma taxa dos autores, outros são subsidiados

VIA VERDE

Repositórios institucionais oferecem na web versões de artigos publicados em periódicos fechados que foram franqueados pelos autores

VIA HÍBRIDA

Periódicos fechados cobram uma taxa extra de autores para que seus artigos sejam disponibilizados livremente nos websites das revistas

VIA DE BRONZE

Artigos estão disponíveis nos websites dos periódicos embora não tenham uma licença de uso que os qualifique como de acesso aberto

VIA PREPRINT

Manuscritos não submetidos à revisão por pares estão acessíveis em servidores abertos de *preprints* antes de serem enviados a um periódico

PRÁTICAS AUTORIZADAS POR PERIÓDICOS FECHADOS

O site SHERPA/RoMEO acompanha os diferentes tipos de abertura dos artigos permitidos por editoras. Os principais são:

- Autor pode arquivar em repositórios a versão pós-print (manuscrito na versão final após a revisão)
- Autor pode arquivar apenas a versão *preprint* (último manuscrito antes da revisão)
- Autor pode arquivar a versão *preprint* e pós-print

LICENÇAS MAIS UTILIZADAS

Artigos em acesso aberto dispõem de uma licença do Creative Commons para orientar os usuários. As mais importantes são:

CC-BY Permite download e utilização irrestrita de artigos, com citação da fonte

CC-BY-NC Permite download e utilização de artigos, com citação da fonte, desde que sem fins comerciais

CC-BY-NC-ND Permite download e utilização de artigos, mas sem fins comerciais nem mudanças no material

Pessoal de Nível Superior (Capes), o CNPq e a FAPESP, e pelas sociedades científicas e instituições que publicam cada revista. “Mais da metade dos custos é financiada pela instituição que publica o periódico, que também fornece instalações e funcionários”, afirma Packer. No caso da coleção SciELO, diz o coordenador da biblioteca, os recursos investidos pela FAPESP custeiam o funcionamento do sistema de submissão on-line de manuscritos, além da manutenção do portal e da sua base de dados, e da disseminação internacional. “O custo médio anual da SciELO é de US\$ 120 por artigo”, diz Packer.

CUSTOS CRESCENTES

O acesso aberto avança no mundo inteiro, impulsionado por iniciativas como a decisão da União Europeia de exigir que todos os artigos produzidos em seus estados-membros estejam disponíveis sem cobrança para os leitores até 2020. Ações desse tipo, porém, envolvem o financiamento dos custos de taxas de pu-

blicação e pressionam os orçamentos de universidades e agências de fomento. É o que mostra a experiência do Reino Unido, que desde 2014 determinou que a produção científica de instituições vinculadas a seus Conselhos de Pesquisa (RCUK) fosse divulgada em acesso aberto. Como parte significativa dos pesquisadores publica em revistas que cobram taxas extras para disponibilizar artigos em acesso aberto, os custos aumentaram. Segundo um estudo da Universidade de Birmingham, as universidades do Reino Unido gastaram em 2015 £ 33 milhões, o equivalente a R\$ 135 milhões, em despesas associadas à publicação em acesso aberto em 2015 – o equivalente a 20% do gasto geral com publicações. “O acesso aberto é uma tendência irreversível, mas alguém tem de pagar a conta, que está cada vez mais salgada”, afirma Rui Seabra Ferreira Júnior, presidente da Associação Brasileira de Editores Científicos (Abec).

Segundo um estudo divulgado em agosto no repositório PeerJ Preprints e liderado pela norte-americana Heather Piwowar, da Universidade de Pittsburgh, só 12% dos artigos em acesso aberto são disponibilizados no modelo prevalente no Brasil, a via dourada. Outros 17% seguem a “via verde”, em que o autor arquivava no banco de dados de sua instituição uma cópia do trabalho publicado em periódicos fechados, que, dessa forma, fica disponível ao público. Algumas revistas permitem que os autores ofereçam a versão final do manuscrito, outras só a versão do anterior à revisão (*ver quadro ao lado*).

Cerca de 13% dos artigos da amostra estavam classificados na “via híbrida”, em que revistas de acesso fechado cobram taxa extra do autor para divulgação on-line. A editora Elsevier transformou seus periódicos em híbridos. “Decidimos flexibilizar para que cada um decida como deseja publicar”, afirma Dante Cid, vice-presidente para relações acadêmicas na América Latina da Elsevier. O trabalho da PeerJ Preprints observou a existência de um quarto modelo, batizado de “via de bronze” – cerca de 58% dos artigos consultados livremente vinham de periódicos de acesso fechado que foram disponibilizados pelas editoras sem que houvesse uma licença formal para isso.

A divulgação em acesso aberto amplia as chances de que os artigos sejam conhecidos, mas não garante mais impacto. No caso dos periódicos do Brasil, o nú-

Alguém tem de pagar a conta desse modelo, que está cada vez mais salgada, diz Rui Seabra, da Abec

Revistas do país bem classificadas

Fator de impacto em 2016 de acordo com o *Journal Citation Reports*

TÍTULO	FATOR DE IMPACTO
MEMÓRIAS DO INSTITUTO OSWALDO CRUZ	2.605
JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH AND TECHNOLOGY	2.359
DIABETOLOGY & METABOLIC SYNDROME	2.347
JORNAL DE PEDIATRIA	2.081
REVISTA BRASILEIRA DE PSIQUIATRIA	2.049
BRAZILIAN JOURNAL OF MEDICAL AND BIOLOGICAL RESEARCH	1.578
JORNAL BRASILEIRO DE PNEUMOLOGIA	1.496
BRAZILIAN JOURNAL OF INFECTIOUS DISEASES	1.468
JOURNAL OF VENOMOUS ANIMALS AND TOXINS INCLUDING TROPICAL DISEASES	1.447
REVISTA DE SAÚDE PÚBLICA	1.353
JOURNAL OF APPLIED ORAL SCIENCE	1.342
BRAZILIAN ORAL RESEARCH	1.331
JOURNAL OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF MECHANICAL SCIENCES AND ENGINEERING	1.235
BRAZILIAN JOURNAL OF PHYSICAL THERAPY	1.226
NEOTROPICAL ICHTHYOLOGY	1.203

FONTES: JCR / THOMSON REUTERS

mero de citações é restrito, embora haja sinais de crescimento. Mais da metade dos 122 periódicos do país que constam no ranking de 2016 do *Journal Citation Reports (JCR)* aumentou o seu Fator de Impacto (FI), com cinco deles atingindo FI maior do que 2. Isso significa que, em média, cada artigo desses periódicos foi citado em outras publicações pouco mais de duas vezes nos últimos dois anos. Só um terço dos periódicos do Brasil listados no JCR tem FI superior a 1 – nos outros dois terços, a média é inferior a uma citação por artigo. Há cinco anos, só 17 periódicos do Brasil alcançavam FI maior que 1. Para efeito de comparação com um periódico de referência mundial de acesso aberto, o *PLOS ONE* teve fator de impacto 2.806 em 2016.

DESEMPENHO DOS MODELOS

O avanço do acesso aberto tem estimulado pesquisadores a estudar qual dos modelos produz mais impacto. O trabalho de Heather Piwowar constatou que os artigos em acesso aberto são citados 18% mais que a média dos *papers* indexados

na base Web of Science (WoS). Mas isso varia de acordo com o modelo. Os de via verde e os híbridos têm desempenho de 30% acima da média mundial de citações. Já os de via dourada, prevalente no Brasil, apresentam desempenho 17% abaixo da média mundial.

Um trabalho publicado em maio na revista *Scientometrics* por pesquisadores da Espanha analisou a trajetória de artigos indexados na base WoS publicados em 2009 e concluiu que, em 173 temas de pesquisa, os de via dourada tiveram menos impacto do que os de acesso via assinatura, enquanto em apenas 36 temas o impacto foi maior. Abel Packer, da SciELO, diz que o estudo tem um viés: ele inclui na via dourada periódicos muito heterogêneos e a maioria com pouco tempo de indexação, que não deveriam ser comparados diretamente com os periódicos de acesso fechado, a maioria indexada há muitos anos.

Ferreira Júnior, da Abec, distingue resultados de pesquisas que devem ser publicados em revistas internacionais daqueles que têm escopo regional e po-

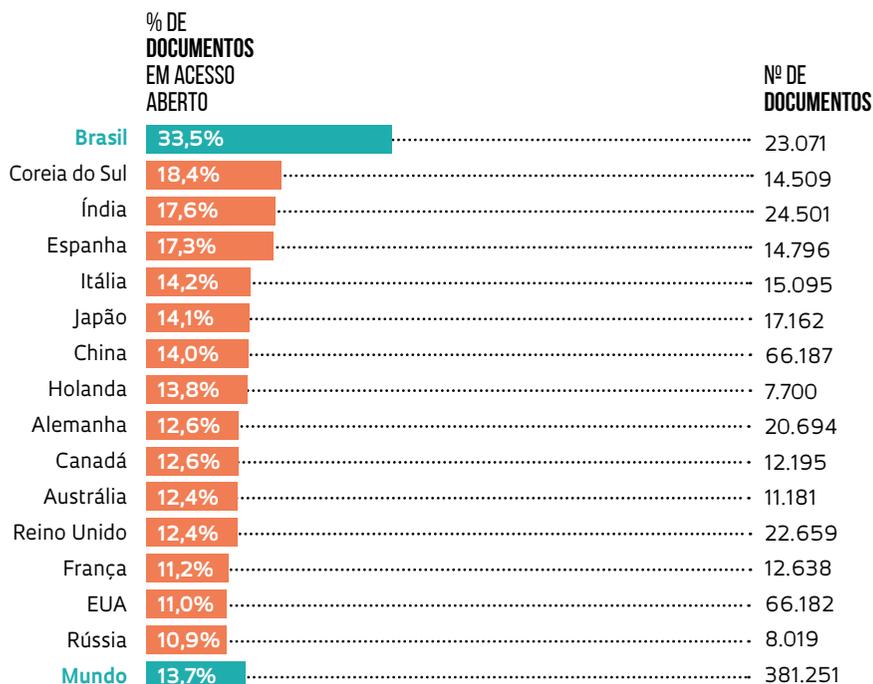
dem ser mais bem aproveitados em periódicos do país. “Existe uma produção científica com importância estratégica para a ciência e a sociedade brasileira. Mas ela não se enquadra nos critérios de publicação de revistas internacionais de alto impacto, que só aceitam manuscritos de conteúdo muito inovador, na fronteira do conhecimento.” Cita o exemplo da revista *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, editada desde 1966 pela Embrapa, que tem fator de impacto 0.542. “O impacto não é alto para padrões internacionais ou mesmo para a Capes, mas ela é estratégica, pois o Brasil tem o agronegócio como carro-chefe da economia.” A ideia de que existe uma produção regional desdenhada por periódicos de alto impacto nunca foi aferida. “Nesse contexto, não há estudos sobre artigos rejeitados”, afirma Abel Packer.

Para ampliar o impacto de seus periódicos, editores buscam atrair artigos de conteúdo inovador. Não é um desafio trivial. Uma queixa dos editores é de que o Sistema Qualis, usado pela Capes para classificar periódicos nos quais os programas de pós-graduação do país publicam sua produção, dá mais peso para a divulgação em revistas dos países desenvolvidos, o que impediria a consolidação de periódicos do Brasil.

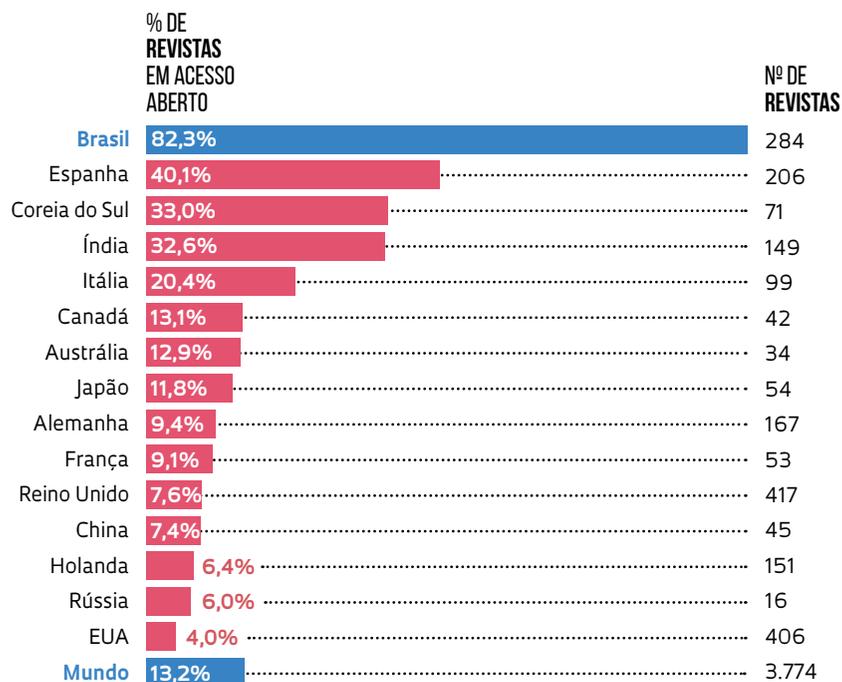
Na opinião de Ferreira Júnior, da Abec, falta definir uma política editorial nacional. “O governo federal ajuda a financiar os periódicos nacionais, mas, para fins de avaliação, a Capes pede que o pesquisador mande seus melhores artigos para o exterior”, aponta. Em países da Europa ou nos Estados Unidos, governos não se envolvem nas políticas de publicação. “Já na China, o governo investiu no fortalecimento de um conjunto de periódicos que canalizaram parte do crescimento da produção científica do país”, diz Ferreira. De acordo com Rita Barradas Barata, diretora de avaliação da Capes, a instituição avalia os periódicos pelo potencial de circulação e pelo impacto, sem distinguir os de acesso aberto ou fechado. Em algumas áreas, principalmente em humanidades e ciências sociais aplicadas, em que a indexação em bases mais internacionais não é frequente, estar na base da SciELO é “fortemente valorizado como critério de qualidade para o periódico”. Mas, lembra Rita, existem publicações científicas relevantes produzidas por editoras comerciais e que apresentam

O modelo em 15 nações

Artigos em periódicos de acesso aberto de via dourada* publicados pelos países com maior produção científica em 2016**



Revistas de acesso aberto de via dourada* publicadas pelos países com maior produção científica em 2016**



* Periódicos que oferecem acesso livre na web a seus artigos assim que são publicados ** Indexados na base Scopus

FONTE SCIMAGO

política restrita de acesso aberto. “Não há por que impedir os pesquisadores de publicarem em periódicos de grande prestígio apenas por não adotarem o acesso aberto.”

Há dois anos, a biblioteca SciELO lançou novas normas para ampliar a repercussão internacional de seus periódicos, exigindo, por exemplo, que 75% dos artigos indexados estivessem em inglês – o patamar anterior era de 60% – e que o contingente de autores e de pareceristas com afiliação no exterior fosse ampliado (ver Pesquisa FAPESP nº 227). Paulo Sentelhas, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), da USP, e editor-chefe do periódico *Scientia Agricola*, conta que a internacionalização rende resultados, mas não é isenta de traumas. O periódico da Esalq, que integra a coleção SciELO desde o seu início e tem hoje fator de impacto 1.108, o mais alto entre os periódicos do Brasil no campo da agronomia, decidiu em 2003 que só publicaria manuscritos em inglês. “Houve uma reação contrária e, em um primeiro momento, o número de manuscritos submetidos caiu”, lembra ele. “Aos poucos, a revista ganhou mais visibilidade e passamos a atrair mais autores de fora.” Hoje, 65% dos pareceristas que avaliam artigos são do exterior, ante 5% no início dos anos 2000. “Os artigos em inglês nos deram acesso a revisores estrangeiros e foram fundamentais para melhorar a qualidade da revista.” Ele sustenta que os periódicos do Brasil mais internacionalizados vão se beneficiar do avanço do acesso aberto. “A partir de 2020, quando os pesquisadores da Europa tiverem de publicar em acesso aberto, haverá mais oportunidades para que nossas boas publicações atraiam artigos de qualidade de fora”, vaticina. ■

Projeto

Desenvolvimento e operação da coleção SciELO Brasil para o período de 1º de novembro de 2016 a 31 de outubro de 2019 (nº 15/26964-1) **Modalidade** Auxílio a Pesquisa – Regular **Pesquisador responsável** Abel Laerte Packer (Fundação de Apoio à Unifesp) **Investimento** R\$ 21.756.884,07 (para todo o projeto).

Artigos científicos

DORTA-GONZÁLEZ, P. et al. Reconsidering the gold open access citation advantage postulate in a multidisciplinary context: an analysis of the subject categories in the Web of Science database 2009–2014. *Scientometrics*. v. 112 p. 877–901. ago. 2017.

PIWOWAR H. et al. The State of OA: A large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles. *PeerJ Preprints*, 2017. Disponível em: doi.org/10.7287/peerj.preprints.3119v1.

Mergulho nas doenças genéticas

Análise de trechos de DNA que contêm os genes aprofunda o diagnóstico de doenças

Carlos Fioravanti

Em março deste ano, em uma das salas do ambulatório do quinto andar do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FM-USP), o endocrinologista Alexander Jorge atendeu um casal para apresentar a provável causa da microcefalia e da baixa estatura da filha de 4 anos. Não era a infecção da mãe com sífilis durante a gravidez, como se cogitara inicialmente, mas uma mutação em um gene de reparo do DNA conhecido como *BRCA1*. O médico explicou que essa mutação, identificada na filha em homozigose (duas cópias) e nos pais em heterozigose (uma cópia), favorecia o desenvolvimento de tumores de mama e ovários. Em seguida, a mulher de 32 anos comentou: “Doutor, tenho um caroço na axila”. Era um sinal de que ela própria poderia ter um câncer de mama não diagnosticado e já em expansão. Diante da situação, Jorge encaminhou a mãe de sua paciente para a equipe de oncologia, no prédio ao lado, para fazer o diagnóstico.

Jorge tem vivido situações desse tipo com frequência desde 2013, quando começou a usar uma técnica que faz o sequenciamento completo de conjuntos de trechos do DNA conhecidos como éxons, que representam de 1% a 2% do material genético. É no exoma, o conjunto dos éxons, que estão os 19 mil genes humanos, cujas mutações podem causar doenças. O sequenciamento de todo o material genético (genoma) raramente é feito para finalidades médicas, por ser mais caro e dar informações sobre trechos do DNA chamados íntrons, raramente associados a doenças.

Nos últimos anos, o sequenciamento completo de exoma se sobrepôs à abordagem anterior, que lia poucos éxons de cada vez, e tem se mostrado eficaz para identificar a mutação responsável por 8.500 doenças genéticas provocadas por um único gene em até 40% das pessoas examinadas. “A taxa de sucesso pode chegar a 80% quando já existem genes candidatos previamente selecionados para explicar o quadro clínico”, assegura Jorge.



O custo para sequenciar o exoma ainda é alto – no Brasil, pode chegar a R\$ 10 mil. Outra dificuldade é que o sequenciamento fornece uma quantidade monumental de informação porque qualquer pessoa apresenta cerca de 50 mil mutações, a maioria inócuas. As análises exigem equipes especializadas de biólogos, bioinformatas e médicos para se chegar às 20 ou 30 alterações mais relevantes, que debilitam a função original dos genes e poderiam explicar os sintomas de uma doença.

Apesar das limitações, essa técnica tem ajudado a solucionar diagnósticos incertos e a direcionar tratamentos. Depois de identificar a mutação no gene *BRCA1*, que poderia explicar a microcefalia e a baixa estatura da menina, com o apoio de relatos semelhantes em outros países, Jorge concluiu que não deveria adotar o tratamento tradicional para baixa estatura, com hormônio de crescimento, que poderia aumentar o risco de câncer.

O sequenciamento de exoma está trazendo uma nova forma de trabalho, mais aberta e colabora-

tiva, para pesquisadores e clínicos. Em setembro de 2016, Jorge não tinha como confirmar se uma mutação no gene *BCL11B* seria responsável pela deficiência intelectual, defeito na arcada dentária e baixa estatura de um adolescente. Ele entrou no site GeneMatcher, que compartilha informações sobre mutações genéticas e suas possíveis consequências com médicos, pesquisadores e pacientes. Seu relato chamou a atenção de pesquisadores da Alemanha e dos Estados Unidos que tinham casos semelhantes, associados àquela mutação, e lhe permitiu fechar o diagnóstico e reunir informações sobre uma nova doença que poderiam facilitar o trabalho de outros médicos.

“Quanto mais detalhadas as descrições dos quadros clínicos dos pacientes e das famílias, com hipóteses diagnósticas consistentes, maior a chance de fazer uma interpretação correta do exoma”, diz a bióloga Maria Rita Passos Bueno, uma das coordenadoras do Centro de Pesquisas sobre o Genoma Humano e Células-Tronco

Placa com milhões de éxons organizados em oito trilhas que serão lidos simultaneamente no equipamento (em segundo plano) do laboratório de sequenciamento em larga escala da Faculdade de Medicina da USP

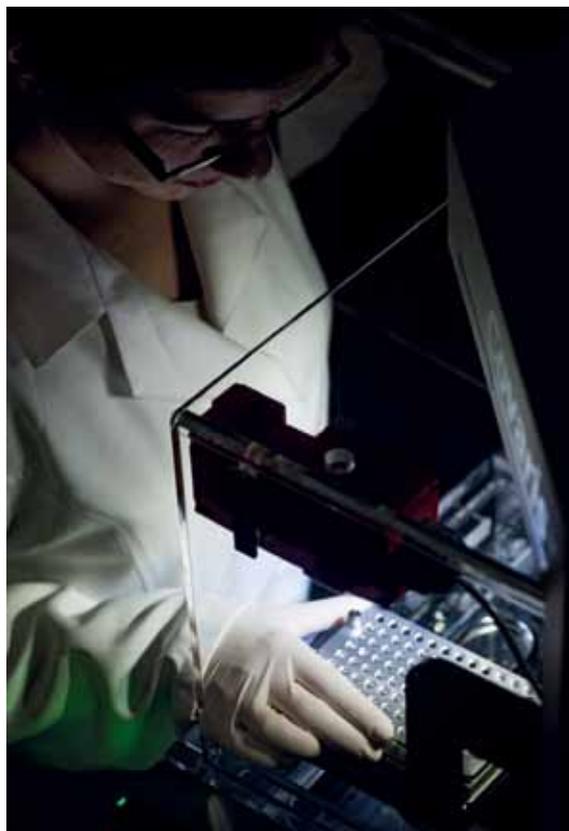
(CEGH-CEL) do Instituto de Biociências da USP. Em geral os médicos, os centros de pesquisa e os laboratórios responsáveis pelos diagnósticos trabalham de modo isolado, mas a integração de equipes, a troca de informações e a harmonização de procedimentos técnicos e éticos poderiam beneficiar os pacientes, os pesquisadores e as equipes médicas, segundo estudo de um grupo do Instituto Nacional do Câncer da Holanda publicado em maio na revista *Annals of Oncology*.

UM GENE, VÁRIAS DOENÇAS

As análises do exoma estão indicando que doenças antes vistas como distintas poderiam ter a mesma origem genética. A equipe da Mendelics, uma das empresas de São Paulo especializada em análises genéticas, em atuação desde 2013, verificou que o gene *TRPV4* poderia causar tanto doenças musculares quanto ósseas. Em seu doutorado na Universidade Estadual Paulista (Unesp), sob a orientação da bióloga Silvia Rogatto, a também bióloga Maísa Pinheiro identificou uma alteração em um gene de reparo de DNA – a ser apresentada em um artigo submetido para publicação – como possível causa do câncer de mama e do de tireoide. Maísa identificou a mutação em pacientes tratados no A.C.Camargo Cancer Center, em São Paulo, que tinham um dos dois ou os dois tipos de câncer, além de familiares atingidos por esses tumores. “O câncer de mama e o de tireoide poderiam integrar uma síndrome de predisposição hereditária”, sugere Silvia, atualmente na Universidade do Sul da Dinamarca, em Odense.

O sequenciamento de exoma tem sido cada vez mais usado por grupos de pesquisa em São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Brasília e outras cidades para descobrir as causas de tumores, de doenças esqueléticas, musculares, neurológicas e outras, de origem genética. Um grupo do Baylor College of Medicine, dos Estados Unidos, fez o sequenciamento de exoma de 2 mil pacientes, a maioria crianças, com suspeita não confirmada de doenças genéticas associadas ao atraso de desenvolvimento neurológico. Todos tinham passado por testes bioquímicos de sangue, que não definiram a causa das doenças. Como relatado em um artigo de 2014 no *Journal of the American Medical Association*, as mutações reveladas pelo sequenciamento de exoma elucidaram a causa das doenças de 504 pacientes e permitiram planejar o tratamento e o aconselhamento genético familiar.

O CEGH-CEL atende famílias com doenças genéticas desde 1968, trabalha com sequenciamento de exoma desde 2012 e identificou novas mutações causadoras de autismo, doenças musculares, doenças esqueléticas, deficiência intelectual, obesidade e surdez. Em setembro, o laboratório de testes genéticos do centro de-



Na Faculdade de Medicina da USP, a bióloga Amanda Narcizo (à esq.) prepara uma placa com 96 microtubos (detalhe acima) para fragmentação acústica de trechos de DNA, etapa inicial do sequenciamento de exomas

ve começar a oferecer o minixoma, a um custo aproximado de R\$ 4 mil, para procurar mutações em até 6.709 genes já associados a doenças genéticas, em vez de examinar todos os 19 mil genes. A redução de preço pode aumentar o uso dessa técnica no sistema de saúde brasileiro.

O médico e bioinformata Guilherme Yamamoto, que trabalha no Instituto da Criança do Hospital das Clínicas e no CEGH-CEL, avaliou a eficácia do minixoma para detectar mutações em 500 genes responsáveis por um grupo de 26 doenças genéticas de recém-nascidos com ênfase em erros inatos do metabolismo. Usando essa estratégia de sequenciamento focado de genes, ele refez os testes genéticos de 90 pessoas: 45 crianças atendidas no Hospital das Clínicas de Porto Alegre e 45 controles. Sem conhecer o diagnóstico prévio, Yamamoto encontrou um resultado falso-positivo e um verdadeiro-positivo no grupo dos 45 que inicialmente não apresentavam doença genética. No outro grupo, ele identificou a doença genética adequadamente em 22 das 45 crianças. O teste apresentou uma sensibilidade total de 50% e de 73% no grupo de erros inatos do metabolismo, embora não tenha detectado os casos de distrofia muscular, epilepsia e imunodeficiência.

“A triagem por teste genético tem uma alta especificidade, com apenas um falso-positivo”, argumentou Yamamoto. Segundo ele, essa abordagem poderia complementar a triagem neonatal, mais conhecida como teste do pezinho, que



detecta doenças genéticas, metabólicas e infecciosas. “O teste do pezinho apresenta baixa especificidade, com alta frequência de falso-positivos, para algumas doenças examinadas”, diz. Segundo ele, o ganho de precisão no reconhecimento das doenças genéticas de recém-nascidos poderia adiantar o início do tratamento.

“O sequenciamento de exoma funciona bem para identificar erros inatos de metabolismo”, concorda o neurologista Fernando Kok, professor da FM-USP e diretor médico da Mendelics. Sua empresa pretende lançar neste ano um teste para identificar mutações em 260 genes responsáveis por 150 doenças genéticas em recém-nascidos.

REANÁLISES

Na Mendelics, biólogos, geneticistas, médicos recebem os resultados organizados por meio de um programa de computador chamado Abracadabra, desenvolvido pelo grupo liderado pelo neurologista David Schlesinger, presidente da empresa, destacado em 2014 pela *MIT Technology Review* como um dos 10 pesquisadores com menos de 35 anos mais inovadores do Brasil (ver Pesquisa FAPESP nº 220). O Abracadabra filtra as mutações

por grupos de doença, indicando as prejudiciais e eliminando os achados incidentais em genes de menor interesse, e procura automaticamente relatos semelhantes em bases de dados on-line.

Outro programa da equipe do bioinformata João Paulo Kitajima, da Mendelics, começou a ser testado em agosto para identificar genes que escapam das análises normais de exoma. Esses genes têm uma peculiaridade: não toleram a perda de função de uma de suas cópias – são os chamados *constraints*. Com essa estratégia, espera-se resolver casos não solucionados. Em dois dias de trabalho, a médica geneticista Luiza Ramos encontrou uma alteração genética que poderia explicar um dos primeiros 52 casos não solucionados examinados por meio do novo programa. Em frente a outro computador da mesma sala, a médica geneticista Fabíola Monteiro comentou que as análises de exomas estão ampliando o conhecimento sobre genética, ao revelar muitas formas e muitas causas para as mesmas doenças. “O que está escrito nos livros de genética”, diz ela, “é muito pouco, diante do que estamos vendo”. ■

Projetos

1. Novas abordagens e metodologias na investigação genético-molecular dos distúrbios de crescimento e desenvolvimento puberal (nº 13/03236-5); **Modalidade** Projeto Temático; **Pesquisador responsável** Alexander Augusto de Lima Jorge (USP); **Investimento** R\$ 2.948.891,06.
2. CEGH-CEL – Centro de Pesquisas sobre o Genoma Humano e de Células-Tronco (nº 13/08028-1); **Modalidade** Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid); **Pesquisadora responsável** Mayana Zatz (USP); **Investimento** R\$ 27.221.413,39 (para todo o projeto).

Artigos científicos

VIS, D. J. *et al.* Towards a global cancer knowledge network: Dissecting the current international cancer genomic sequencing landscape. *Annals of Oncology*. v. 28, n. 5, p. 1145-51. 2017.

YANG, Y. *et al.* Molecular findings among patients referred for clinical whole-exome sequencing. *JAMA*. v. 312, n. 18, p. 1870-79. 2014.

Para entender os resultados

Na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), um grupo coordenado pela médica geneticista Iscia Lopes Cendes atualmente desenvolve programas de computador para facilitar a interpretação dos resultados do sequenciamento de exomas, que pode ser útil na busca pela causa de doenças provocadas por apenas um gene. Esses programas também integram essas informações com as disponíveis em bases de dados como a Iniciativa Brasileira em Medicina de Precisão (BIPMed), com informação genética específica da população brasileira. Os primeiros programas devem ser liberados para uso público ainda

neste ano, conta Iscia, que é professora da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp e pesquisadora do Instituto Brasileiro de Neurociência e Neurotecnologia (Brainn), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP.

Além de buscar novas estratégias para avaliar o sequenciamento de exomas, o grupo de Iscia também investiga a relação entre o custo e o benefício de se incorporar esse exame ao sistema público de saúde. Em um estudo em fase final de desenvolvimento com 150 pacientes, a médica geneticista Joana Trotta verificou que o exoma poderia indicar a provável

causa de 80% de doenças neurodegenerativas com início na vida adulta, como ataxia e demência, nem sempre detectadas mesmo após sucessivos exames de imagem. A proporção de diagnósticos positivos para a deficiência intelectual foi de 20%, 10 vezes mais elevada do que a obtida pela técnica adotada no serviço público de saúde, que consiste no exame de cromossomos (cariótipo). “Aumentando a proporção de diagnósticos corretos sobre a origem das doenças, os gastos com outros exames e consultas caem e o tratamento, quando possível, pode começar logo”, conta Iscia.



Na serra da Capivara, gravetos servem para encontrar alimento (à esq.); o uso de pedras para quebrar frutos é mais comum na espécie (abaixo e à dir.)



Cultura primata

Transmissão de práticas de uso de ferramentas por macacos-prego ajuda a repensar o papel das tradições na evolução

Maria Guimarães

Com uma pedra erguida acima da cabeça, o jovem Porthos bate vigorosamente no chão arenoso de modo a abrir um buraco. Seu objetivo: uma aranha, que logo consegue desentocar e rola entre as mãos para tontear a presa que em seguida come. Ele é um macaco-prego da espécie *Sapajus libidinosus*, habitante do Parque Nacional Serra da Capivara, no Piauí, e objeto de estudo de pesquisadores do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (IP-USP). O biólogo Tiago Falótico tem caracterizado o uso de ferramentas por esses animais (ver Pesqui-

sa FAPESP nº 196) e mostrou, em artigo publicado em julho na revista *Scientific Reports*, que a ação do jovem macho envolve conhecimento, aprendizado e transmissão de práticas culturais – ou tradições, como alguns preferem chamar quando os sujeitos não são humanos – dentro de grupos sociais. A pesquisa está no bojo de um corpo teórico que busca entrelaçar biologia, ciências sociais e humanas e recém-desembocou na formação da Sociedade de Evolução Cultural. Sua reunião inaugural acaba de acontecer na Alemanha, entre 13 e 15 de setembro.

Até agora, o uso de pedras como ferramentas para cavar só foi documentado nessa população. Especialmente quando se trata de desentocar aranhas, é preciso experiência. O estudo, resultado de observações feitas durante o doutorado de Falótico, encerrado em 2011 sob orientação do biólogo Eduardo Ottoni, mostra que quase 60% dos adultos e jovens (como Porthos) têm sucesso na tarefa. Macacos juvenis (o correspondente a crianças), por outro lado, só conseguem em pouco mais de 30% dos casos. Isso acontece porque é preciso reconhecer o revestimento de seda que fecha a toca do

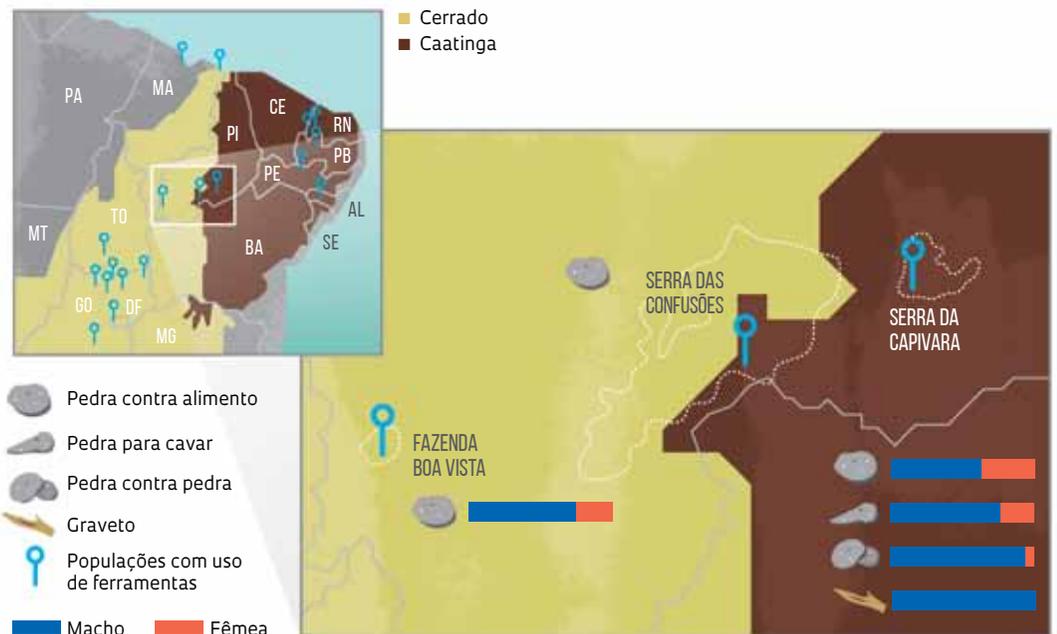


CHEIOS DE RECURSOS

Macacos do Piauí revelam variação no uso de ferramentas

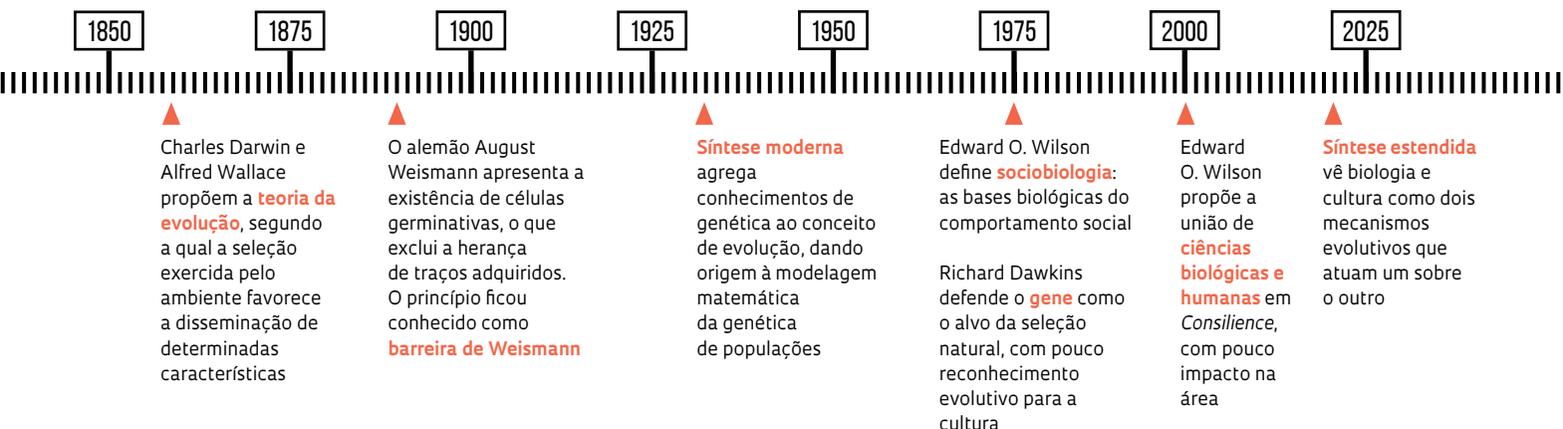
Grupos da fazenda Boa Vista e do Parque Nacional Serra da Capivara permitem relacionar comportamentos inovativos a aspectos ecológicos; na serra das Confusões os estudos ainda estão no início

FONTE TIAGO FALÓTICO/USP



AS TEORIAS POR TRÁS DE EVOLUÇÃO E CULTURA

Percepção de mecanismos de integração entre organismo e comportamento avança com o conhecimento



aracnídeo, sinal de que o habitante está lá dentro. “Os juvenis às vezes cavam uma toca que acabou de ser aberta por outro macaco”, conta Falótico. Estruturas subterrâneas, parecidas com batatas, da planta conhecida como farinha-seca (*Thiloa glaucocarpa*), também são desenterradas com mais eficiência pelos adultos. Já as raízes de louro (*Ocotea*), outro alimento desses primatas, apesar de envolverem o uso de pedras maiores, não parecem apresentar um desafio especial para os aprendizes. Macacos dos dois sexos se mostraram igualmente capazes de cavar com pedras, com uma taxa de sucesso equivalente, embora eles pareçam ter mais interesse pela atividade: entre as 1.702 situações observadas, 77% envolviam machos e apenas 23%, fêmeas.

“Esperávamos encontrar uma correlação entre o uso de ferramentas e a escassez de alimentos, mas não foi o que vimos”, conta Falótico. Se os macacos da serra da Capivara encontram algo comestível que exija o uso de ferramentas, recorrem a elas. Seu modo de vida, em que passam metade do tempo no chão rodeados de pedras e gravetos, parece ser propício ao desenvolvimento das habilidades. Mas não é só isso. Embora não haja diferença entre os sexos nos hábitos alimentares, as fêmeas nunca usam gravetos – que seus companheiros masculinos utilizam para desentocar lagartos de frestas e retirar insetos de troncos, por exemplo. Há diferença apenas, aparentemente, no interesse. “Quando um macho vê outro usar uma vareta, ele observa atento; já uma fêmea, mesmo que esteja

ao lado daquele usando a ferramenta, não se interessa e olha para o outro lado!”

Os macacos da mesma espécie que habitam a fazenda Boa Vista, em Gilbués, cerca de 300 quilômetros (km) para sudoeste, têm tradições distintas no uso de ferramentas. Ali, uma área com mais influência de Cerrado do que Caatinga, as

pedras são menos abundantes, mas necessárias (e usadas) para quebrar cocos. Gravetos estão por toda parte, mas não têm uso. Essa diferença cultural entre grupos de macacos foi explorada em um experimento feito pelo psicólogo Raphael Moura Cardoso durante o doutorado, orientado por Eduardo Ottoni, e relatado em arti-

Ferramentas da genética de populações são aplicadas a modelos que combinam **heranças genéticas e culturais**

FONTE: EDUARDO OTTONI / USP



Tolerância: macho adulto da fazenda Boa Vista come castanha partida observado de perto por jovem



Jovens aprendizes tentam tirar proveito de escavação feita por fêmea

go de 2016 na *Biology Letters*. Eles puseram – tanto na fazenda Boa Vista como na serra da Capivara – caixas de acrílico recheadas de melado de cana. O único jeito de retirar a guloseima era por meio de uma fenda no alto com largura suficiente apenas para varetas. “Na serra da Capivara, um macho logo acertou uma pedrada na caixa”, lembra Ottoni, que, previdente, tinha planejado o aparato “à prova de macaco-prego”. “Quando nada aconteceu, ele largou a pedra, coçou a cabeça e pegou um graveto.” Ele brinca que nem precisou editar o vídeo para mostrar em um congresso – foi uma ação

contínua e imediata. Ao longo de cinco dias de exposição à caixa, 10 dos 14 machos usaram o graveto logo na primeira sessão, e apenas os três mais jovens não foram bem-sucedidos. Os demais conseguiram um sucesso de 90% na empreitada. As fêmeas não tentaram, assim como os macacos da fazenda Boa Vista. Lá, os pesquisadores até tentaram ajudar: depois de seis horas expostos à tarefa, os macacos deparavam com um graveto já fincado na fenda. Mesmo tirando e lambendo o melado da ponta, nenhum deles voltou a inserir a ferramenta na caixa ao longo de 13 dias de experimento. Uma surpresa

foi que os macacos da Boa Vista, exímios quebradores de coco, não tentaram partir a caixa. “Eu esperava isso deles, não dos outros”, diz Ottoni.

APRENDIZADO SOCIAL

Os resultados, surpreendentes, podem reforçar a importância da transmissão de tradições entre os macacos. A capa da edição de 25 de julho deste ano da revista *PNAS* traz justamente a foto de um macaco-prego da fazenda Boa Vista comendo uma castanha que conseguiu quebrar com a ajuda de uma grande pedra redonda, observado de perto por um jovem. A imagem anuncia a coletânea especial sobre como a cultura se conecta à biologia, da qual faz parte um artigo do grupo liderado pelas primatólogas Patrícia Izar, do IP-USP, Dorothy Fragaszy, da Universidade da Geórgia, nos Estados Unidos, e Elisabetta Visalberghi, do Instituto de Ciências e Tecnologias Cognitivas, na Itália, sobre os macacos da fazenda Boa Vista, que estudam sistematicamente desde 2006. Nas observações recolhidas ao longo desse tempo, chama a atenção a tolerância dos adultos em relação aos jovens aprendizes que olham de perto e até comem pedaços dos cocos partidos. “Os adultos competem pelos recursos e os imaturos podem ficar perto”, conta Patrícia. As análises publicadas no artigo recente mostram muito mais

SOB O COMANDO DE HORMÔNIOS

O cuidado com os filhotes está ligado ao hormônio oxitocina em mamíferos. O grupo liderado por Maria Cátira Bortolini, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, descreveu há poucos anos as variações na molécula de oxitocina em espécies de macacos nas quais há bons pais (ver Pesquisa FAPESP nº 228). Ensaios farmacológicos feitos no laboratório do bioquímico Claudio Costa-Neto, da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP, agora desvendaram o caminho da oxitocina dentro das células e verificaram que os receptores das formas alteradas ficam mais expostos nas

membranas das células, de maneira que o sistema não se dessensibiliza. “É como se o macaco recebesse constantemente a instrução ‘tenho que cuidar dos filhotes’”, explica Cátira. Faz diferença para a sobrevivência de saguis, que frequentemente têm filhotes gêmeos, por exemplo.

O resultado está em artigo publicado em agosto na *PNAS*, que também descreve o resultado da aplicação dessas oxitocinas em ratos por meio de borrifadas nasais, experimento realizado em colaboração com o fisiologista Aldo Lucion, da UFRGS. As fêmeas lactantes, já inundadas de oxitocina, alteraram pouco o comportamento. Mas os machos tratados com o hormônio alteraram radicalmente o hábito de ignorar os filhotes e correram para cheirá-los, uma reação que foi três vezes mais rápida com a oxitocina de sagui.

Os cebídeos, família que inclui os macacos-prego, também têm um tipo de oxitocina que aumenta a propensão à paternidade ativa. Os grupos de Cátira e de Ottoni recentemente iniciaram uma colaboração para investigar as características genéticas em machos mais e menos cuidadores. “Já conseguimos extrair material genético de amostras de fezes e estamos selecionando genes candidatos a serem rastreados”, conta ela, fascinada com a tolerância dos machos e as habilidades cognitivas dos primatas do Piauí. “A capacidade de inovar, por um lado, e a de sentar e observar, por outro, são necessárias para o desenvolvimento e a transmissão de traços culturais adaptativos e certamente há um cenário genético por trás disso.”

do que proximidade: os quebradores de coco influenciam a atividade dos outros, sobretudo os jovens, que também começam a manipular pedras e cocos. Isso dura alguns minutos. “A tradição canaliza a atividade para o mesmo tipo de ação importante para essa tradição”, define.

Patrícia ressalta que os macacos nascem nesse contexto. “Muitas vezes vemos filhotes nas costas das mães enquanto elas quebram”, conta. Com esse aprendizado contínuo, acabam se tornando especialistas na tarefa. Mas não basta observar, e daí a importância de os filhotes serem atraídos pela ação dos adultos – principalmente os mais eficazes. “O sucesso passa pela percepção da tarefa e das propriedades da ferramenta”, detalha, descrevendo um complexo corpo-ferramenta em que é constantemente necessário ajustar força, gestos e postura. Quando quebram tucum, um coquinho menos resistente, os macacos ajustam a força das pancadas depois de ouvirem o som da superfície rachando, o grupo mostrou em artigo do ano passado na *Animal Behaviour*. Para cocos mais difíceis, eles escolhem pedras que podem chegar a ser mais pesadas do que o próprio corpo. E a seleção da pedra é criteriosa, conforme mostrou um experimento em que Patrícia e seu grupo forneceram pedras artificiais com diferentes tamanhos, pesos e densidades. As pedras grandes logo atraíram a atenção dos macacos, mas se fossem pouco densas – mais leves do que aparentavam – eram abandonadas. “Eles têm a percepção de que o peso é importante na quebra”, diz Patrícia.

Essas sociedades primatas alteram o ambiente. Macacos escolhem pedras ou troncos achatados como base para quebrar coco, e para lá carregam as raras pedras grandes e duras que encontram no ambiente. Essa conformação é importante não só por criar oficinas de quebra, mas por canalizar a possibilidade de aprendizado, já que todos sabem onde a atividade acontece e pode ser observada. “Não faz sentido pensar em maturação motora independente do contexto social, alimentar”, afirma a bióloga Briseida Resende, também do IP-USP e coautora do artigo da *PNAS*. O desenvolvimento individual depende das experiências de cada um, de suas capacidades físicas e do acervo acumulado pelo grupo, no qual uma inovação criada pode se dissemi-



O uso de pedras para escavar só foi descrito na serra da Capivara

nar, perpetuar-se e fazer parte da cultura mantida por gerações. Resende defende que indivíduo e sociedade são indissociáveis, embora historicamente tenham sido vistos como entidades distintas.

TEORIA REVISTA

Reunir a evolução cultural e a biológica é justamente o foco da síntese estendida, agora sedimentada com a fundação, em 2016, da Sociedade de Evolução Cultural – o primeiro presidente é o zoólogo Peter Richerson, da Universidade da Califórnia em Davis, cujo grupo privilegia a estatística. Essa visão conjunta amplia o olhar evolutivo, já que a transmissão de ideias ou inovações não se dá apenas de pais para filhos e pode trazer vantagens seletivas favorecendo as capacidades cognitivas e sociais relevantes. Considera também que a cultura pode influenciar aspectos físicos, como a conformação e o tamanho do cérebro, ou o desenvolvimento de habilidades que por sua vez sedimentam o comportamento. Os genes e a cultura, duas vias de transmissão de informação, relacionam-se, portanto, por uma via de mão dupla.

A oportunidade de ver comportamentos surgirem e se espalhar é rara, e por isso abordagens experimentais que provocam inovações são um acréscimo importante aos comportamentos diversos dos macacos-prego do Piauí. Ferramentas estatísticas recentes podem ajudar a aprofundar essa compreensão, como a Análise de Difusão Baseada em Redes (*Network-Based Diffusion Analysis*) que o grupo de Ottoni começa a usar. “O programa monta uma rede social aleatória e compara à real”, explica o pesquisador, que torna as análises mais robustas in-

serindo características medidas nos sujeitos em causa. Em agosto de 2016 ele apresentou, no congresso da Sociedade Primatológica Internacional, em Chicago, resultados do experimento feito pela bióloga Camila Coelho durante doutorado orientado por ele com um período passado na Universidade de Durham, no Reino Unido, para aprender o método. Os resultados indicam que, no caso dos macacos-prego, o aprendizado social prevê a difusão de informação na espécie.

Até meio século atrás, o uso de ferramentas era considerado privilégio humano. Ao observar chimpanzés na Tanzânia, a inglesa Jane Goodall derrubou essa exclusividade e, de certa maneira, causou a redefinição das fronteiras entre gente e bicho. Muito se descobriu de lá para cá, mas falar em cultura animal ainda esbarra em certo desconforto. Talvez não por muito mais tempo. ■

Projetos

1. Uso de ferramentas por macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) selvagens: Ecologia, aprendizagem socialmente mediada e tradições comportamentais (nº 14/04818-0); **Modalidade** Projeto Temático; **Pesquisador responsável** Eduardo Benedicto Ottoni (USP); **Investimento** R\$ 609.276,69.
2. Variabilidade de comportamento social de macacos-prego (gênero *Cebus*): Análise comparativa entre populações para investigação de correlatos fisiológicos (nº 08/55684-3); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Patrícia Izar (USP); **Investimento** R\$ 186.187,33.
3. Desenvolvimento de novos ligantes/drogas com ação agonística seletiva (*biased agonism*) para receptores dos sistemas renina-angiotensina e calcitreínas-cininas: Novas propriedades e novas aplicações biotecnológicas (nº 12/20148-0); **Modalidade** Projeto Temático; **Pesquisador responsável** Claudio Miguel da Costa Neto (USP); **Investimento** R\$ 3.169.674,21.

Os artigos citados estão listados na versão on-line desta reportagem

Perigo no céu de São Paulo

Poluição do ar diminuiu nos últimos 30 anos, mas os níveis de alguns compostos ainda são superiores ao aceitável

Diego Freire

Pesquisadores que estudaram a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) ao longo das últimas três décadas afirmam que a concentração total de poluentes emitidos por carros, caminhões e indústrias diminuiu e o paulistano respira hoje um ar mais limpo do que nos anos 1980. A qualidade melhorou porque baixaram as concentrações dos principais componentes da poluição, tanto os gases como as partículas microscópicas. A má notícia é que, apesar das reduções, os níveis de alguns dos poluentes ainda são quase duas vezes mais altos que os aceitos pela Organização Mundial da Saúde, a OMS (*ver gráfico na página 58*).

Os níveis de poluentes lançados na atmosfera caíram em consequência da implementação de políticas públicas de controle da poluição por veículos automotores, que levou ao desenvolvimento de motores mais eficientes e menos poluentes (*ver Pesquisa FAPESP n° 224*). Parte dessa queda também se deveu ao efeito combinado da adição do etanol

à gasolina e do aumento do número de carros *flex*, que já compõem mais da metade da frota de veículos leves da Região Metropolitana de São Paulo. O etanol emite menos monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NOx) do que a gasolina e, desde 1993, é adicionado ao derivado de petróleo em proporções crescentes – hoje cada litro de gasolina contém 27% de etanol. Contribuíram ainda para melhorar a qualidade do ar do paulistano a adoção de processos de produção mais limpos pela indústria, como a substituição de caldeiras a óleo por caldeiras a eletricidade, e a mudança nos anos 1980 e 1990 de muitas fábricas para outras cidades.

De 1988 a 2015, os carros que circulam por São Paulo passaram a emitir 20 vezes menos CO, NOx e material particulado e 40 vezes menos HC. Já as emissões dos mesmos poluentes por veículos pesados (caminhões e ônibus), para os quais a regulamentação surgiu mais tarde, caíram três vezes, segundo análises feitas por pesquisadores do Instituto de Astrono-

Vista aérea do Parque do Ibirapuera, região de tráfego intenso na zona Sul da capital paulista

mia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), apresentadas em três artigos publicados este ano nas revistas *Atmospheric Environment*, *Atmospheric Chemistry and Physics* e *Journal of Transport & Health*. Dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), que monitora a qualidade do ar na RMSP, mostram, no entanto, que, apesar do aprimoramento dos motores e do uso de etanol puro ou associado à gasolina, os veículos leves (carros e motos) e os pesados continuam sendo as principais fontes poluidoras da atmosfera na metrópole.

A principal razão de a qualidade do ar não ter melhorado ainda mais nos últimos anos foi o aumento substancial no número de veículos na região, que saltou de 1 milhão, em 2000, para quase 7 milhões, em 2014. “Apesar de os veículos estarem mais eficientes e poluírem menos, a frota cresceu muito”, lembra a física Maria de Fátima Andrade, do IAG-USP, coordenadora dos três estudos. Com mais carros nas ruas, o volume de combustível consumido cresceu 25% em menos de uma década: passou de 5,5 bilhões de litros por ano, em 2007, para

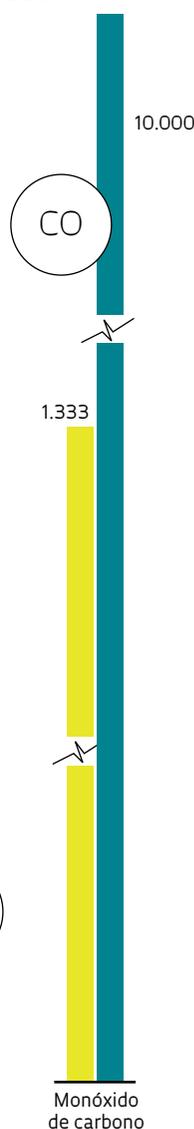
quase 7 bilhões, em 2014, segundo dados da Agência Nacional do Petróleo.

Dos principais poluentes avaliados pelo grupo do IAG-USP, só um não diminuiu de modo consistente: o ozônio, um poluente secundário, resultado de reações de compostos produzidos pelos motores com substâncias da atmosfera e a radiação solar. As concentrações desse gás, que causa irritação nas vias respiratórias e aumenta o risco de infecções, baixaram até meados da década passada, mas, em seguida, voltaram a subir, embora não tenham atingido níveis tão elevados quanto os da metade dos anos 1990. Além dos gases lançados ao ar pelo escapamento dos veículos, vapores de combustível liberados durante o abastecimento parecem contribuir de modo relevante para a formação de ozônio e outros poluentes secundários. É que, a cada litro despejado nos tanques, alguns mililitros sobem na forma de vapor para a atmosfera. Parece pouco, mas, segundo a pesquisadora do IAG, o impacto final pode ser importante – superior ao dos gases liberados pelo escapamento de carros e caminhões –, dado o volume total de combustível abastecido na RMSP. “Os processos evaporativos não são dimensionados adequadamente”, afirma Maria de Fátima. “É possível que o impacto desses vapores esteja sendo subestimado.”

Hoje o componente da poluição que mais preocupa os especialistas, por representar um maior risco para a saúde humana, é o chamado material particulado ou MP: uma mistura de partículas sólidas ou líquidas muito pequenas. Elas são produzidas diretamente pelos motores durante a queima do combustível ou formadas na atmosfera a partir de certos gases. Seu tamanho é inversamente proporcional à capacidade de causar problemas à saúde: quanto menores suas dimensões, mais tempo elas permanecem em suspensão no ar e maiores os potenciais efeitos danosos. Por serem tão pequenas, elas penetram facilmente no trato respiratório e ali se acumulam, podendo provocar inflamações pulmonares, agravar doenças como a asma e até causar problemas em outros órgãos.

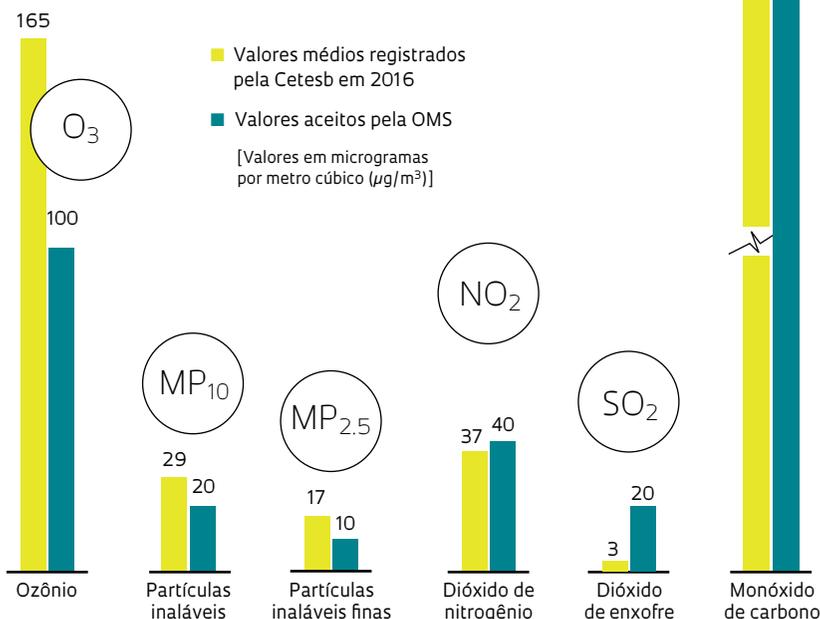
Na RMSP, a Cetesb monitora tanto a concentração das maiores, as partículas inaláveis com até 10 micrômetros de diâmetro (MP₁₀), como a das partículas inaláveis finas, de até 2,5 micrômetros (MP_{2,5}). Os níveis de ambas vêm diminuindo, em-

Vapores de combustível liberados no abastecimento podem contribuir de modo relevante para a formação de ozônio e outros poluentes secundários



O ar de uma megacidade

Concentração dos principais poluentes monitorados na Região Metropolitana de São Paulo



FONTE: QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO – 2016 – CETESB; ANDRADE, M.F. ET AL. *ATMOSPHERIC ENVIRONMENT*. 2017; WHO – AIR QUALITY GUIDELINES



bora continuem superiores aos recomendados pela OMS. Mas a Cetesb não mede os níveis de partículas ainda menores – as chamadas ultrafinas, com diâmetro da ordem de nanômetros –, produzidas em maior quantidade por veículos movidos a gasolina do que a álcool.

Um estudo realizado com a colaboração de pesquisadores do Instituto de Física (IF) da USP e publicado em julho deste ano na revista *Nature Communications* relatou um aumento de 30% na concentração de partículas ultrafinas (menos de 50 nanômetros de diâmetro) na cidade de São Paulo entre janeiro e maio de 2011. Nesse período, houve alta considerável no preço do etanol e os motoristas de carros bicompostíveis passaram a consumir mais gasolina do que álcool. Os dados de poluição foram coletados na estação do Instituto de Física e usados para alimentar modelos estatísticos que consideraram o tráfego, as informações meteorológicas e o comportamento do consumidor. “A modelagem indicou que, quando os preços do etanol voltaram a cair, o consumo de gasolina baixou e a concentração dessas partículas medida na atmosfera também diminuiu”, conta o físico Paulo Artaxo, professor do IF-USP e um dos autores do estudo.

DA GESTAÇÃO À VELHICE

Para o patologista Paulo Saldiva, da Faculdade de Medicina (FM) da USP, diminuir a concentração de partículas finas e ultrafinas de poluição no ar é, literalmente, uma questão de vida ou

Marginal do rio Pinheiros, uma das vias mais movimentadas da cidade de São Paulo

morte. “Existem vários níveis de vulnerabilidade das pessoas à poluição do ar e uma parte delas morre por conta dos problemas de saúde causados pela poluição, especialmente dos provocados por partículas tão pequenas”, conta Saldiva, coordenador de um estudo que estimou que a cada ano cerca de 3,5 mil pessoas morrem na cidade de São Paulo por causa da poluição (ver Pesquisa FAPESP nº 129). “Elas se depositam nos alvéolos pulmonares e, de lá, chegam facilmente ao sistema nervoso central e a outras partes do organismo”, conta Saldiva, líder na FM-USP de uma equipe que atualmente investiga se há uma conexão entre a exposição prolongada à poluição e o desenvolvimento da doença de Alzheimer em seres humanos. Tempos atrás seu grupo havia observado que filhotes de roedoras expostas à poluição ambiental da cidade nasciam com baixo peso, por problemas na placenta que dificultariam a passagem de nutrientes. Os pesquisadores também obtiveram indícios de que a exposição prolongada aos poluentes – em especial às partículas finas e ultrafinas – prejudica o desenvolvimento dos pulmões.

Para Saldiva, é urgente que se adotem iniciativas para melhorar o transpor-

te público, como o uso de combustíveis mais limpos e a aplicação de novas tecnologias para reduzir o tempo de viagem, a fim de que baixem os níveis de poluentes para os valores recomendados pela OMS. “A exposição prolongada à poluição nos inflige um risco difícil de evitar, porque ela reproduz no organismo o que o cigarro faz a um fumante”, afirma. “Eu decido se fumo ou não, mas não tenho como fazer esse tipo de escolha ao respirar o ar de São Paulo.” ■

Projetos

1. Narrowing the uncertainties on aerosol and climate changes in São Paulo State: NUANCES-SPS (nº 08/58104-8); Modalidade Projeto Temático; Programa Mudanças Climáticas (PPFMC); Pesquisadora responsável Maria de Fátima Andrade (USP); Investimento R\$ 3.297.909,37.
2. GoAmazon: Interação da pluma urbana de Manaus com emissões biogênicas da Floresta Amazônica (nº 13/05014-0); Modalidade Projeto Temático; Programa Mudanças Climáticas (PPFMC); Pesquisador responsável Paulo Eduardo Artaxo Neto (USP); Investimento R\$ 4.290.930,31.

Artigos científicos

- ANDRADE, M. F. *et al.* Air quality in the megacity of São Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives. *Atmospheric Environment*. v. 159, p. 66-82. jun. 2017.
- PACHECO, M. T. *et al.* A review of emissions and concentrations of particulate matter in the three major metropolitan areas of Brazil. *Journal of Transport & Health*. v. 4, p. 53-72. mar. 2017.
- VARA-VELA, A. *et al.* Impact of vehicular emissions on the formation of fine particles in the Sao Paulo Metropolitan Area: A numerical study with the WRF-Chem model. *Atmospheric Chemistry and Physics*. v. 16 (2), p. 777-97. jan. 2017.
- SALVO, A. *et al.* Reduced ultrafine particle levels in São Paulo's atmosphere during shifts from gasoline to ethanol use. *Nature Communications*. jul. 2017.

Jardins DE ALTITUDE

Expedições a montanhas da Amazônia descobrem mais de duas dezenas de novas espécies de plantas

Alicia Ivanissevich

Comumente concebida como um tapete verde que cobre uma extensa área plana, a Amazônia reserva um relevo peculiar e menos conhecido: montanhas com altitudes que variam de 800 a 3 mil metros (m). Esses imponentes maciços aparentemente imutáveis são, para os biólogos, laboratórios vivos em constante transformação. Ali, surgem, vivem, reproduzem-se, migram e desaparecem espécies em grande número e variedade. Grupos de pesquisadores de diferentes instituições do país vêm contribuindo para traçar um retrato mais fiel da flora dessa região montanhosa da Amazônia, e algumas



pinceladas dessa pintura já podem ser apreciadas. Mais de duas dezenas de novas espécies vegetais – sobretudo de plantas com flores – foram descobertas em uma série de expedições feitas em anos recentes e agora estão em processo de descrição na literatura científica.

Entre 2011 e 2014, cinco biólogos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) exploraram áreas remotas do lado brasileiro do Escudo das Guianas, formação geológica que compreende as Guianas, grande parte da Venezuela e uma pequena porção do extremo norte do Brasil. Enfrentando climas extremos e viagens demoradas, os pesquisadores

visitaram a serra do Aracá e o pico da Neblina, no Amazonas, e a serra Grande e o monte Caburá, em Roraima, andando, sem trilhas, sobre pedras ou em solos encharcados e colhendo plantas em meio a valas, arbustos e buracos. Formadas por serras com picos íngremes ou elevações com topo em forma de mesa conhecidas pelo nome indígena *tepui*, essas terras altas abrigam uma vegetação bem distinta daquela que cresce sobre a vasta planície amazônica.

Nas terras baixas, com até 500 m de altitude, predomina a floresta densa e alta, enquanto a flora das serras e dos *tepuis* lembra os campos rupestres das

Na serra do Imeri, no Amazonas, fica o pico da Neblina (à esq.), onde a equipe do Jardim Botânico do Rio de Janeiro identificou os arbustos *Bonnetia neblinae* (no alto) e *Leandra maguire* (acima)



No monte Caburá, em Roraima, ponto mais ao norte do Brasil, os botânicos usam o laboratório do acampamento para analisar o material coletado durante o dia

Saxofridericia regalis, comum nas terras altas da Venezuela e das Guianas e agora encontrada no monte Caburá

áreas montanhosas de Minas Gerais e da Bahia. Parte desse universo botânico até então quase inexplorado cientificamente no país começa a ser revelada.

Nessas expedições, os pesquisadores coletaram cerca de 4 mil amostras de plantas. Até agora foram registradas em território brasileiro cerca de 60 novas ocorrências de plantas vasculares que tinham sido observadas apenas em países vizinhos. Ao menos 10 novas espécies, entre briófitas e plantas com flores, foram ou estão sendo descritas. O Aracá era o único *tepui* para o qual existia uma lista preliminar de plantas com o registro de cerca de 250 espécies, publicada em 1992 pelo botânico britânico Ghilleen Tolmie Prance e pelo botânico norte-americano David Johnson, que promoveram expedições à região na década de 1990. “Com as nossas coletas, conseguimos ampliar essa lista, identificando cerca de 450 espécies de plantas vasculares apenas nessa parte alta da serra”, comemora a botânica Rafaela Campostrini Forzza, curadora do Herbário do JBRJ e integrante das expedições.

ARACÁ, TAMBÉM UM *TEPUI*

As famílias, os gêneros e muitas espécies encontradas no Aracá são os mesmos que predominam nos outros *tepuis* do escudo das Guianas. “Alguns estudos questionavam se o Aracá era um *tepui*, por estar muito distante da área original e ser uma montanha mais baixa, com a



vegetação do entorno chegando mais perto do cume. Mas nosso trabalho mostrou que a composição florística no topo é tipicamente dos *tepuis*”, afirma a pesquisadora.

Alcançar os *tepuis* da região não é fácil e exige uma logística complexa, que inclui transporte aéreo, terrestre e aquático, além de auxílio de ajudantes locais. Das três expedições à serra do Aracá, a primeira – mais exploratória – e a terceira foram feitas a pé. “Voamos do Rio até Manaus, onde uma van nos levou para Novo Airão, no Amazonas; daí, pegamos um barco; depois, uma voadeira até a base do Aracá e, de lá, caminhamos até

o topo”, conta o botânico Gustavo Martinelli, coordenador do Centro Nacional de Conservação da Flora do JBRJ e um dos pesquisadores da equipe que explorou as montanhas.

“Não é apenas uma caminhada difícil”, observa Rafaela. “Subimos com equipamento pesado, sílica-gel, álcool, jornais, comida, barraca e outros apetrechos, e descemos carregados com sacos e sacos de plantas, amostras prensadas e amarradas”, conta. “Foi dureza.”

A segunda expedição ao Aracá e as demais às outras montanhas foram feitas de helicóptero, graças ao patrocínio da Natura, empresa de cosméticos que

apoiou a pesquisa. “No Aracá, o helicóptero ficava em um vilarejo do município de Barcelos, subia para levar dois grupos a pontos distantes da serra, o que seria muito difícil de fazer a pé, e os pegava de volta no fim da tarde”, conta a botânica. “Isso permitiu coletar um número maior de amostras. Para subir a pé o pico da Neblina, por exemplo, levaríamos de três a quatro dias, enfrentando chuva e frio.”

NO TOPO DA SERRA DA MOCIDADE

Entre janeiro e fevereiro do ano passado, uma expedição multi-institucional coordenada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) buscou mapear as espécies de plantas características da serra da Mocidade, que faz parte do parque nacional de mesmo nome, no estado de Roraima. A equipe de botânicos liderada por Alberto Vicentini conseguiu coletar 395 amostras de plantas, entre musgos, samambaias, licófitas, hepáticas, antóceros, gimnospermas e angiospermas.

“Essa lista ainda é muito preliminar e os dados devem ser interpretados com cautela”, destaca o botânico Ricardo Perdiz, doutorando do Inpa que participou da expedição. “Mas, considerando apenas as coletas feitas na Unidade de Conservação do Parque Nacional da Serra da Mocidade, que somam cerca de mil amostras, já identificamos 557 espécies, 321 gêneros e 134 famílias de plantas”, relata Perdiz.

Segundo o botânico, o número de coletas ainda é considerado baixo para ter uma ideia aproximada da riqueza da flora regional. “Se analisarmos esses dados por tipo de planta, vamos perceber o quanto ainda é preciso coletar e conhecer”, diz. “E, se examinarmos a distribuição das coletas no espaço geográfico, veremos também que há muitas lacunas, uma vez que existem áreas nas quais não houve uma coleta sequer.”

Como os dados estão sendo analisados, os pesquisadores ainda não podem dar informações certas sobre as plantas coletadas, mas esperam identificar um número elevado de espécies endêmicas,



O musgo *Sphagnum aciphyllum* (acima à esq.) e a planta carnívora *Drosera roraimae*, achados na serra do Aracá (ao lado)

que só existem naquela região. “Topos de morro são geograficamente separados; portanto, abrigam *a priori* populações isoladas”, teoriza Perdiz. “Suspeitamos que, entre as plantas coletadas no topo de um dos morros da Mocidade, haja 11 novas espécies.”

Na serra da Mocidade, já foram descritas duas espécies novas de briófitas. Uma terceira espécie de *Dacryodes*, da família Burseraceae, que inclui a mirra e o incenso, deverá ser publicada até o fim do ano. A expedição coordenada pelo Inpa também permitiu identificar quatro novos registros no Brasil de plantas com

flores – todas coletadas acima de mil metros de altitude – que eram conhecidas apenas em países vizinhos.

As expedições do JBRJ foram documentadas no vídeo *Montanhas da Amazônia: Em busca da flora desconhecida* (bit.ly/AMountain) e no livro *Expedições às montanhas da Amazônia*, publicado em 2015 (bit.ly/AMontanhap). As viagens exploratórias do Inpa, que, além de plantas, buscaram colher amostras de insetos e da fauna da serra da Mocidade, originaram o documentário *Expedição novas espécies*, que se encontra em fase de finalização. ■

Um dicionarista do Cosmo

Considerado um dos mais influentes teóricos da atualidade, físico canadense explica por que é tão difícil unificar as teorias que descrevem as quatro forças do Universo

Ricardo Zorzetto

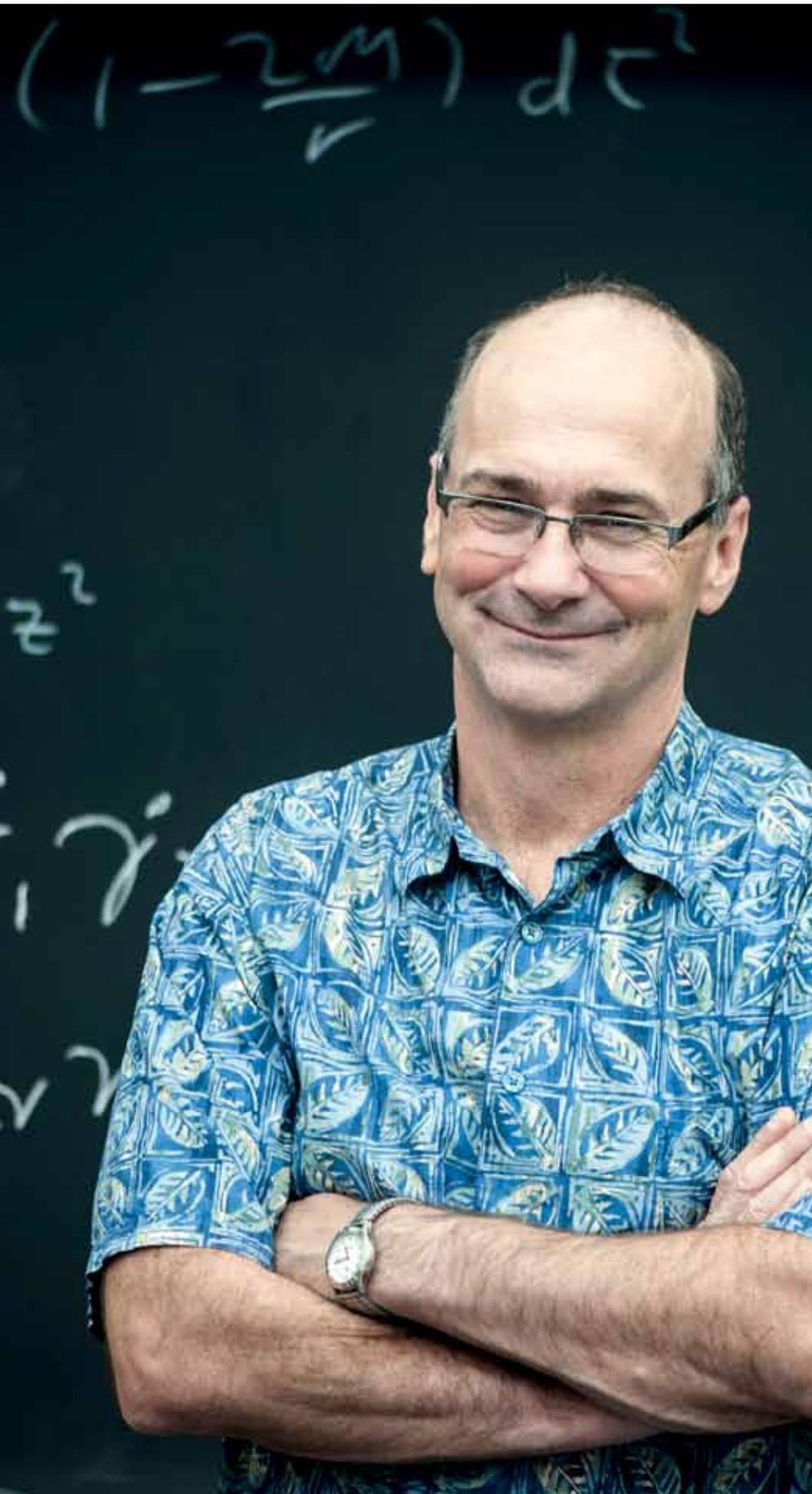
O físico canadense Robert Myers, 58 anos, iniciou sua carreira de pesquisador nos anos 1980 tentando descobrir como seriam os buracos negros em um Universo com mais dimensões do que as quatro conhecidas – três de espaço (comprimento, largura e altura) e uma de tempo. O trabalho não saiu como esperava. Mas abriu o caminho para ele se tornar uma referência internacional em teoria das cordas, o modelo físico segundo o qual o Universo seria formado por filamentos microscópicos – as cordas – que vibrariam em até 10 dimensões.

Desde então, Myers já publicou 211 artigos, que foram mencionados cerca de 22 mil vezes, e vem delineando os rumos de como usar a teoria das cordas para entender a força da gravidade. Ele foi considerado recentemente um dos pesquisadores mais influentes em sua área. Seu nome estava nas edições de 2014 e 2015 do ranking *World's Most Influential Scientific Minds*, que reúne os autores dos artigos mais citados na última década em diferentes áreas da ciência.

Myers cresceu em Deep River, uma cidadezinha com 5 mil moradores na província de Ontário, no Canadá. Decidiu estudar física por ser a área que lhe parecia mais desafiadora e, desde 2001, integra o time de pesquisadores do Perimeter Institute for Theoretical Physics, um dos centros de física teórica mais inovadores do mundo, sediado em Waterloo, também na província de Ontário.

Em julho, Myers esteve em São Paulo e deu aulas para quase 100 alunos de graduação em física da América Latina que estão em nível avançado. Eles se preparavam para concorrer às poucas vagas de um mestrado a ser feito parte no Perimeter, parte no Centro Internacional de Física Teórica (ICTP) do Instituto Sul-americano para Pesquisa Fundamental (Saifr), na Universidade Estadual Paulista (Unesp). Na entrevista a seguir, Myers falou sobre trabalhar no Perimeter e a respeito da área da física que vem ajudando a desenvolver.

O senhor está no Perimeter desde o início e também é professor na Universidade de Waterloo. Quais as diferenças entre as duas instituições?



Myers durante visita a São Paulo em julho deste ano, quando deu curso para alunos da América Latina que concorreriam a mestrado internacional

Creio ter sido o primeiro pesquisador contratado pelo Perimeter. A Universidade de Waterloo é uma instituição grande, com uns 10 mil alunos e vários interesses e atividades. Tem boa reputação em engenharia e matemática. Em física, começa a melhorar. No Perimeter, o foco é a física. Fica em Waterloo porque é lá que Mike Lazaridis tem seu negócio [ele é o dono da empresa de celulares BlackBerry e fez a doação de US\$ 100 milhões para fundar o Perimeter]. Quando criaram o instituto, queriam parcerias com outras instituições, mas houve uma decisão consciente de não fazer parte da universidade. Temos parceria com as universidades de Toronto, York, McMaster e Western. Contratamos professores com eles e trabalhamos com seus alunos. Isso nos dá flexibilidade. Em uma universidade, as pessoas fazem parte de uma equipe maior, que segue as prioridades estabelecidas pela reitoria. É preciso negociar mais e tentar convencer as outras partes de que as suas metas pessoais também são importantes. No Perimeter, definimos nossas prioridades sem interferências.

Vocês têm liberdade para escolher o que pesquisar.

Sim, e é muito mais fácil mudar de área e experimentar novos caminhos. Em parte, porque somos uma instituição pequena.

Também há uma característica ali que é mirar alto e ir atrás de questões desafiadoras.

Quantos alunos há no Perimeter? O nível dos estudantes é diferente dos de outras instituições?

Somados, não passam de 100. São cerca de 30 alunos no mestrado e 45 no doutorado. Há o programa Visiting Graduate Fellowship, que todos os anos traz um bom número de alunos de pós-graduação de nível avançado. Eles trabalham um tempo no Perimeter, mas fazem suas teses e pesquisas em outras universidades. Todos nossos estudantes são alunos de Waterloo, uma vez que não é o instituto que concede os títulos de mestrado e doutorado. A ideia inicial era fazer algo bem-feito. Ao estabelecer parcerias, o instituto e as outras instituições se beneficiam mutuamente. Hoje, Waterloo atrai alunos de física melhores do que há 15 anos.

Recentemente o senhor foi escolhido duas vezes um dos cientistas mais influentes do mundo em sua área. Além disso, já publicou mais de 200 artigos, citados 22 mil vezes. Qual o segredo?

Trabalhei muito. Não sei que conselho dar. Digo para meus alunos que devem buscar algo de que realmente gostem. O resto vem com o esforço. Vejo muita gente perseguindo uma carreira por precisar de um trabalho para sobreviver. Tive a sorte de conseguir um trabalho divertido. O entusiasmo nutre muitos pesquisadores. É muito mais do que um trabalho ou uma carreira, é algo pelo qual somos apaixonados. Gostamos de trabalhar duro, por longas horas, para descobrir novas fórmulas ou analisar resultados de experimentos.

Seu artigo mais citado (1.539 vezes) é sobre buracos negros. O que estudou?

Esse artigo é de 1986. Foi minha tese de doutorado na Universidade de Princeton, Estados Unidos. Na época, houve uma segunda revolução na teoria das cordas, que animou as pessoas. Vivemos em um espaço-tempo de quatro dimensões, três de espaço e uma de tempo. E a teoria das cordas é formulada em um espaço-tempo com até 10 dimensões. Estava interessado em saber como seriam os buracos negros em um Universo com mais de quatro dimensões. Tinha uma ideia em mente, mas não deu certo.

Os buracos negros são objetos que surgem em condições extremas, em que a gravidade é muito intensa, e poderiam fornecer informações sobre vários aspectos da teoria. Uma de suas características mais animadoras é que ela é uma teoria de gravitação quântica [a teoria das cordas inclui uma descrição quântica da gravidade e tenta compatibilizar a mecânica quântica, que descreve três forças físicas – eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca – relevantes para os fenômenos microscópicos, com a teoria da relatividade geral, de Einstein, que trata da força da gravidade e descreve os fenômenos macroscópicos]. Com o tempo, os físicos encontraram conexões e foram capazes de estudar buracos negros e ter *insights* sobre a teoria das cordas.

Não era usual estudar buracos negros em várias dimensões?

Era algo à frente do tempo. Isso interessou a mim e a meu orientador, Malcolm John Perry. À medida que avancei, tentei aproveitar as oportunidades. Costumo dizer que temos uma caixa de ferramentas de ideias e técnicas. Quanto mais ferramentas se coloca na caixa, maior a capacidade de resolver problemas. No momento, estou animado em trabalhar em uma área que tenta entender como as ideias da teoria da informação quântica

seriam úteis para entender buracos negros e gravitação quântica.

O que gostaria de descobrir?

Buracos negros são uma espécie de *playground* para os matemáticos. Atualmente, qualquer teoria que tente explicar fenômenos astrofísicos muito energéticos os atribui a buracos negros. Há uns 40 anos, pensavam-se em soluções mais elegantes. No início dos anos 1970, Jacob Bekenstein [1947-2015] foi o primeiro físico a olhar para os buracos negros sob uma perspectiva diferente e tentar incorporar na relatividade geral, que trata da gravidade, ideias da teoria da informação. Ele realizou experimentos mentais que tentavam imaginar como seria a física envolvida em certo fenômeno e disse que, para a física que conhecemos fazer sentido, os buracos negros deveriam ter entropia [medida de como a energia pode ser distribuída entre os componentes microscópicos desse objeto]. Também falou que essa entropia deveria ser proporcional à área da superfície do buraco negro. Muita gente viu isso com ceticismo. Ter entropia significa apresentar uma estrutura interna, como as moléculas de um gás encerrado em uma sala. E, do ponto de vista da relatividade geral, não fazia sentido pensar em uma estrutura interna para buracos negros.

Como a ideia foi recebida?

Bekenstein era aluno de pós-graduação em Princeton e as pessoas o questionaram, até que, anos depois, Stephen Hawking propôs que, quando ocorrem flutuações quânticas nos buracos negros, eles podem liberar radiação térmica. Se esses objetos funcionam como um reservatório de calor, eles têm de ter entropia. Bekenstein e Hawking realizaram uma predição muito precisa sobre o que seria a entropia do buraco negro. É uma fórmula notável. De um lado, ela traz informação sobre a área, uma característica geométrica bidimensional do espaço-tempo. Do outro, ela apresenta a entropia, que insinua algo sobre a estrutura interna, sobre o estado quântico que compõe o buraco negro. Essa fórmula sugere que a informação sobre a estrutura interna ou a natureza quântica do buraco negro pode estar codificada na sua geometria. Conto essa história porque, para tentar entender mais profundamente essa ideia e outras relacionadas, retor-

Hoje buscamos ferramentas da teoria da informação quântica para tentar entender aspectos relevantes da gravidade e dos buracos negros

namos o tempo todo à questão de como a geometria do espaço-tempo codifica a informação sobre os estados microscópicos que não podemos ou ainda não conseguimos ver. Bekenstein percebeu cedo que a entropia era uma forma de caracterizar a informação, mas levou um tempo para reconhecermos. Em vez de usar a teoria da informação para tentar entender aspectos relevantes da gravidade e dos buracos negros, hoje usamos a teoria da informação quântica, uma área que cresceu a partir da ideia de usar a mecânica quântica para produzir novos tipos de computadores.

Como esse conhecimento poderia ser usado?

Para construir computadores mais rápidos ou entender melhor o comportamento da matéria. Há teorias sobre a matéria condensada que usam a entropia de emaranhamento ou ideias da teoria da informação quântica para caracterizar estados novos da matéria [são estados exóticos que não podem ser descritos por fenômenos – magnetismo, densidade e outros – usados para caracterizar a matéria comum]. Isso já ofereceu ferramentas para os físicos no passado. Agora um novo grupo de físicos está indo até os teóricos da informação quântica para pegar emprestadas novas ferramentas que podem nos permitir olhar de modo diferente para questões que estão sendo analisadas há muito tempo.

Que tipo de questão gostaria de responder com essas ferramentas?

Em última análise, descobrir como unificar as teorias que descrevem as quatro forças conhecidas, um dos grandes mistérios para os físicos teóricos. De um lado, temos a mecânica quântica. Ela funciona muito bem e faz previsões e verificações experimentais, mas na escala dos átomos. De outro, temos a relatividade geral, que descreve os fenômenos associados aos objetos maiores, como o movimento dos planetas ou a evolução do Universo. Como físico teórico, consigo imaginar experimentos mentais em que as duas teorias teriam um papel importante. Deveria haver um modo uni-las. Mas ainda não descobrimos como fazer isso de modo consistente. A esperança é de que não estejamos olhando para os problemas da maneira certa e que a teoria da informação quântica nos ajude a progredir.

Há situações em que a mecânica quântica e a relatividade geral teriam um papel importante. Deveria haver um modo de unir essas duas teorias

O objetivo é alcançar a chamada teoria do tudo?

Pode-se chamar assim. Alguns dizem teoria da gravitação quântica.

Uma das ferramentas utilizadas é o princípio holográfico, uma proposta teórica segundo a qual seria possível descrever a informação contida em um espaço tridimensional, como uma esfera, a partir do que se conhece de sua superfície, um espaço bidimensional. É uma tentativa de eliminar a gravidade da história?

De certo modo, é. Penso na holografia como um dicionário. Há fenômenos que queremos descrever e podemos usar duas línguas. Uma delas é uma classe especial de teoria quântica de campos, a chamada teoria de campos conforme. Os detalhes não importam, mas, nessa linguagem, não existe gravidade. Na outra, usamos gravidade, mas em uma dimensão a mais. Um dos obstáculos é que, de um lado, tenho a teoria quântica de campos, que descreve um mundo em três dimensões, duas de espaço e uma de tempo. Como vou usá-la para descrever fenômenos que ocorrem em quatro dimensões, três de espaço e uma de tempo?

A gravidade não é importante na escala tratada pela teoria quântica de campos?

Não é bem isso. Na teoria quântica de campos não existe o conceito de gravidade. É como se fosse uma língua na qual essa palavra não existisse. Então, não tenho de me preocupar com ela. É uma vantagem porque essa teoria é um sistema com o qual deveríamos nos sentir confortáveis para fazer os cálculos. Como a física que descrevo com essa teoria é a mesma que descrevo com a relatividade geral, que tem gravidade, usamos nossa intuição para entender como as coisas funcionam em uma delas e depois tentamos traduzir e entender o que isso significa na outra. Há um diálogo, na realidade. Em algumas situações usamos a relatividade geral para fazer cálculos que são difíceis na teoria quântica de campos e, assim, aprender algo sobre esta. Em outras, fazemos os cálculos com as ferramentas da teoria quântica de campos para tentar aprender algo novo sobre a gravidade. É uma obra em desenvolvimento há uns 20 anos, um dicionário complicado de entender.

O que gostaria de descobrir no final?

Gostaria de entender o que é a radiação Hawking que escapa dos buracos negros. Não entrei em detalhes, mas parece haver inconsistências.

No fato de os buracos negros emitirem alguma forma de radiação?

Emitir radiação significa liberar energia. Se passasse um tempo longo o suficiente, o buraco negro poderia emitir toda a sua energia e desaparecer. Isso cria um paradoxo, porque a mecânica quântica determina que a informação não pode desaparecer no Universo, ela tem de ser conservada, assim como ocorre com a energia. É uma pergunta importante que, talvez, só seja respondida por uma teoria completa de gravitação quântica.

O que essa teoria completa permitiria descrever?

Tudo, da menor à maior escala. Isso seria importante, por exemplo, para entender como devem ter sido os instantes iniciais do Universo. Sabemos que o Cosmo está em expansão acelerada. Se pudéssemos reverter o tempo, veríamos ele encolher até um momento em que os efeitos da gravidade quântica se tornariam importantes. Em princípio, ela poderia nos dar um *insight* sobre de onde veio o Universo, onde tudo começou. ■

Pague pelo usufruto

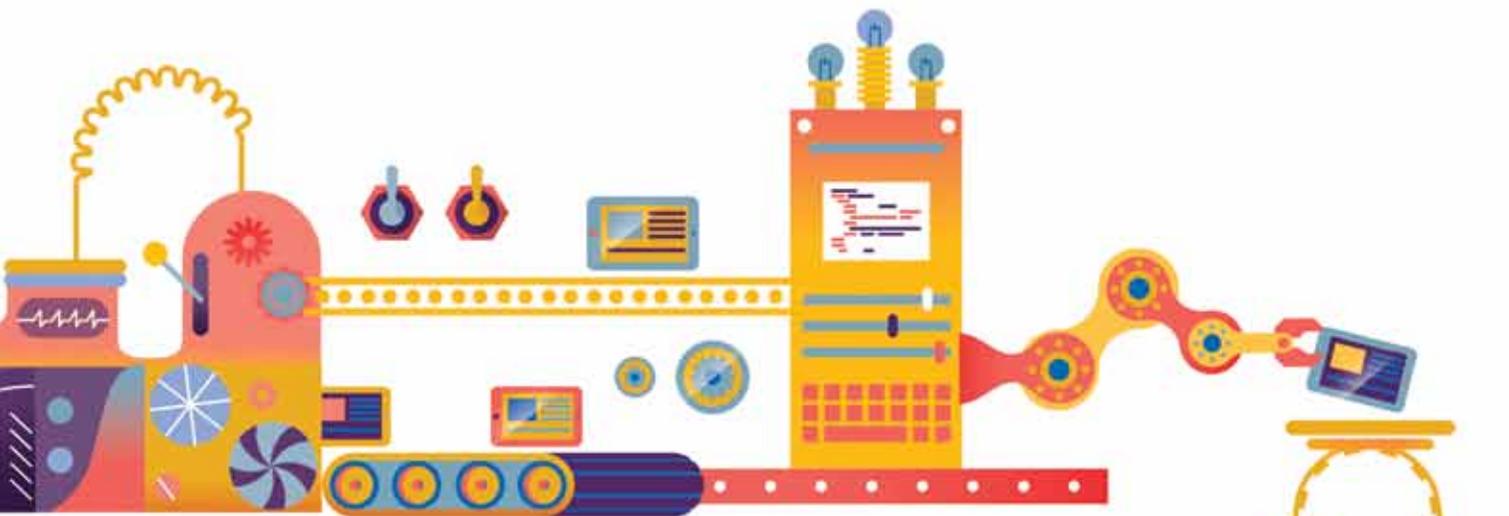
Sistema reúne produtos e serviços em estratégia comercial que elimina a venda do bem e gera oportunidades e novos desafios para a indústria

Domingos Zapparoli

Algumas empresas de manufatura começam a adotar um novo modelo de negócio de seus produtos. As vendas tradicionais estão sendo substituídas por um sistema comercial no qual as empresas mantêm a posse dos bens produzidos, cuidam de sua manutenção e garantem seu funcionamento, e o cliente paga por usufruir as funções proporcionadas pelo produto. É o sistema produto-serviço, da sigla PSS, *product-service system*, também conhecido como *product as a service* ou servitização no Brasil, palavra que significa a estratégia de mudança de uma empresa fornecedora de produtos para uma solução PSS.

No exterior já existem muitos exemplos, principalmente na Europa. A Rolls-Royce disponibiliza suas turbinas de avião em um modelo PSS em que as companhias aéreas pagam por hora de voo. A Michelin oferece aos gestores de frota de caminhões um sistema pelo qual é remunerada pela milhagem rodada de seus pneus. Na Holanda, a Philips faz para clientes corporativos a análise do ambiente e o design da iluminação. O cliente paga pela luz utilizada em horas, o que abrange todo o serviço, inclusive instalação, fornecimento de equipamentos e manutenção.

A BMW oferece o uso de seus veículos, por meio da empresa DriveNow, em 12 cidades da Europa, como Berlim, Viena, Londres, Copenhagen, Estocolmo e Milão. Em Copenhagen, por exemplo, são 400 veículos disponíveis. O pagamento é por hora de uso e inclui combustível e seguro. O acesso a essa solução é por aplicativo de celular. A cidade de Vancouver, no Canadá, possui quatro concorrentes desse tipo de oferta, a Zipcar, a car-



2go, EvoCar e a Modo. Essa modalidade também é conhecida como *car sharing*. No Brasil, a Zazcar, de São Paulo, adota esse modelo de negócio. Nos Estados Unidos, a General Motors lançou o Maven, um serviço de aluguel de curto prazo desenvolvido para quem não quer mais arcar com as taxas, seguros e todas as tarefas e gastos resultantes da posse de um automóvel. Segundo a consultoria McKinsey, serviços de compartilhamento de automóveis e semelhantes representarão um mercado de US\$ 1,5 trilhão em 2030.

É na oferta ao cliente de serviços complementares ao usufruto do produto que o PSS se diferencia de opções como a locação, que não inclui manutenção, ou o *leasing* – caracterizado como uma locação financeira em que o contratante pode ter o usufruto de um produto pagando prestações mensais, sem envolver o custo dos serviços, e no final tem a opção de compra.

No Brasil, algumas empresas de manufatura também estão adotando a servitização. Um exemplo é a Whirlpool, que optou por não vender o purificador de água Brastemp. A empresa instala o equipamento na casa de seus clientes, cuida da manutenção, faz a troca do refil e cobra por meio de uma assinatura mensal. Outro exemplo é da IBM, que sempre vendeu computadores e softwares e agora desenvolve com empresas brasileiras uma plataforma de consulta on-line sobre dados e soluções para o agronegócio. Na IBM AgriTech, o cliente paga pela informação consumida, como condições climáticas em tempo real e recomendações sobre o melhor dia e hora para o plantio, adubação e irrigação. “As aplicações dessa plataforma são consumidas como prestação de serviços,

sem considerar a infraestrutura computacional. O serviço é cobrado de acordo com o que for processado. Por exemplo, em imagens de plantações geradas por drone, o valor é definido segundo o tamanho que o cliente quiser”, explica Ulisses Mello, diretor de pesquisa da IBM Brasil. Para ele, a solução desenvolvida no país tem vocação global e deve ser levada para outros países.

A Xerox no Brasil também lançou um serviço de cobrança por impressão, responsabilizando-se pela manutenção e gestão de materiais. Há décadas, a empresa vende ou aluga suas máquinas. A JBT, fabricante de máquinas para a indústria cítrica, desenvolveu um modelo de negócio no qual se torna provedora do serviço de processamento da laranja. A cobrança é por tonelada de laranja processada.

Pesquisadores da área de engenharia da produção avaliam que o PSS pode criar um novo paradigma industrial. Hoje, muitas empresas adotam estratégias de produtos que preveem a obsolescência programada, ou seja, são desenvolvidos para não ter uma alta durabilidade e assim fazem o cliente voltar mais rápido ao consumo, impulsionando as vendas e a escala produtiva. Com o PSS, a durabilidade do bem produzido passa a ser de interesse das empresas. Quanto maior for a vida útil do produto, maiores são os ganhos. “As empresas vão precisar mudar o foco do negócio. Em vez de quantidade, o objetivo vai ser desenvolver produtos com mais qualidade e durabilidade”, presume a tecnóloga Fernanda Hänsch Beuren, professora do curso de engenharia de produção da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc).



Metodologia da mudança

Etapas para transformar empresas de manufatura em provedoras de servitização que estão em estudo na EESC-USP



1 ANÁLISE DO NEGÓCIO

Entendimento do modelo de negócio atual da empresa para identificar os desafios da servitização e o contexto do novo modelo de negócio

2 PROPOSIÇÃO DE VALOR

Descrição do conceito inicial da solução criada a partir da interação com clientes, como entrevistas e testes com protótipos, esclarecendo o valor para o público-alvo



3 MODELO DE NEGÓCIO INICIAL

Apresenta os elementos essenciais do modelo de negócio com nova solução, incluindo informações sobre segmento de mercado, parcerias e processos

4 BUSINESS CASE

Análise financeira do modelo de negócio, identificando sua viabilidade e indicando modificações necessárias para que a comercialização se torne viável



5 ARQUITETURA

Representação detalhada do conceito, ilustrando como sistemas, subsistemas e componentes do PSS se relacionam. Inclui elementos do produto e processos do negócio

6 DETALHAMENTO

Especificação total do negócio, com todas as informações, e definindo os recursos necessários para produzir, comercializar e prover o PSS aos clientes



7 PREPARAÇÃO DA CADEIA DE VALOR

Organização da infraestrutura para fabricar os elementos tangíveis do novo sistema e garantir a oferta do PSS projetado com o desempenho esperado

8 LANÇAMENTO DA CADEIA DE VALOR

Implementação e oferta do PSS, iniciando o funcionamento de toda a infraestrutura



O PSS é também um processo mais ecoeficiente. O fabricante conhece melhor do que ninguém as características de seus produtos e os fatores que irão gerar um aumento de sua vida útil. A Michelin conseguiu aumentar em 2,5 anos o tempo de uso médio dos pneus que mantém sob contrato de PSS, cuidando de forma adequada de sua manutenção. Produtos com uma vida útil maior apresentam um índice de descarte menor. Portanto, as empresas produzem menos e demandam menos insumos.

No final da vida útil do produto, o descarte não é feito pelo cliente, que muitas vezes não tem informação ou interesse em dar uma destinação correta ao material. Como mantém a posse do produto, a tendência é que o fabricante reaproveite materiais e insumos em processos de remanufatura e, quando necessário, faça um descarte mais organizado e ambientalmente correto de componentes que se tornaram obsoletos. “É um importante apoio à transição de um modelo econômico linear, de extração, processamento e descarte de insumos, para a economia circular, de reaproveitamento sustentável”, diz o engenheiro mecânico Henrique Rozenfeld, professor da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).

A mudança para o modelo PSS pode resultar em vários benefícios para as empresas. O sistema gera receitas adicionais e recorrentes com a prestação contínua de serviços. Proporciona fidelização e um maior vínculo com o cliente, o que permite ao fornecedor conhecer melhor as demandas e os hábitos de consumo, informações que irão orientar a inovação e o desenvolvimento de novas soluções mercadológicas. É também uma estratégia para diferenciar o produto no mercado e enfrentar a concorrência ditada pelo preço.

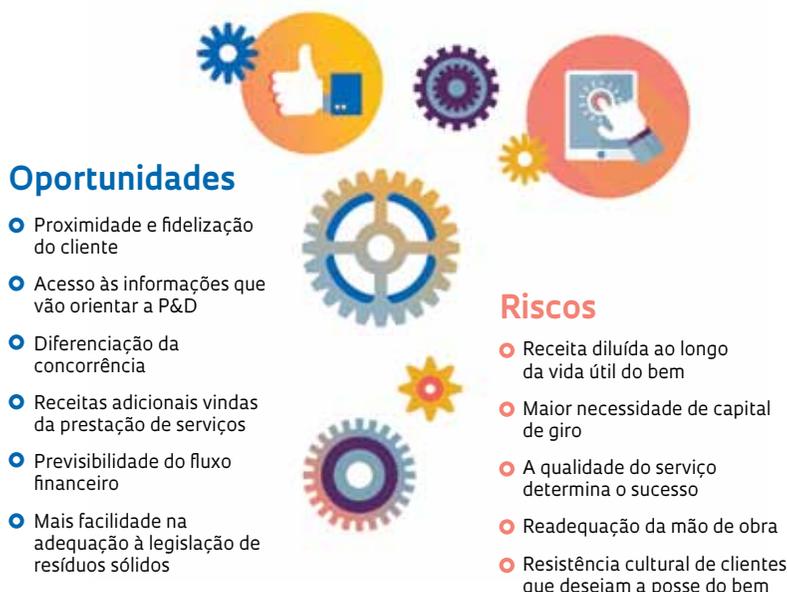
Para Rozenfeld, a servitização tem potencial de reverter o processo de desindustrialização em países com economia de baixa escala produtiva, como a brasileira. “A indústria local não tem uma estrutura de custos para fazer frente a um concorrente que opera com grandes volumes globais, mas pode agregar valor aos seus produtos e se diferenciar pela qualidade dos serviços prestados e pela customização”, diz. É o que já vem fazendo a indústria de bens de capital da Alemanha para enfrentar os concorrentes asiáticos que oferecem máquinas com um custo inicial inferior.

O PSS também proporciona vantagens para os consumidores. A primeira delas é que não há necessidade do desembolso imediato de recursos para usufruir do produto e os gastos são diluídos ao longo do tempo de uso, permitindo inclusive o acesso a bens mais sofisticados. O consumidor também reduz os riscos associados a uma aquisição, como o desencanto, a desvalorização e a

FONTE: HENRIQUE ROZENFELD/USP

Vantagens e desvantagens

O que é preciso considerar antes de aderir ao PSS



Novo sistema exige relacionamento mais duradouro entre empresa e cliente

obsolescência. Também não precisa se preocupar com a manutenção e a atualização ou mesmo com o descarte pós-uso. O PSS, no entanto, não é necessariamente uma opção mais barata para o consumidor. O sistema produto-serviço é conveniente para o cliente por ter vantagens como a manutenção assegurada e não precisar disponibilizar o pagamento total, como acontece no sistema de venda direta ao consumidor. Saber se o valor desembolsado a longo prazo é maior do que a compra imediata é de difícil cálculo. “Os estudos que temos indicam que pode ser até menor, porque, ao adquirir o produto no modelo atual, o cliente arca com as manutenções e com eventuais custos adicionais”, analisa Rosenfeld.

O administrador Glauco Henrique de Sousa Mendes, professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), diz que nos mercados B2B (*business-to-business*), ou venda de empresa para empresa, nos quais o PSS está mais difundido, o cliente corporativo reduz a sua necessidade de realizar investimentos em ativos como

máquinas e ainda recebe soluções integradas e customizadas para determinadas áreas do negócio, permitindo focar seus recursos em seus processos-chave.

A difusão do conceito do sistema produto-serviço é recente, tem por volta de 10 anos, e foi se formatando em países como Alemanha, Estados Unidos e Dinamarca, em mercados B2B. O engenheiro mecânico Eduardo Zancul, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), afirma que o PSS ganha impulso ao oferecer respostas a macro-tendências da sociedade, como uma maior preocupação com o ambiente e o estímulo ao desenvolvimento sustentável. Também reflete o início de uma mudança cultural em direção à economia compartilhada, que valoriza o usufruto e não necessariamente a posse de um bem.

“O modelo PSS ainda apresenta vários desafios que precisam ser superados para ter uma maior difusão. O primeiro deles é que a cultura da posse de bens ainda é a prevalecente, difícil de ser revertida, principalmente para mercados voltados ao consumidor final”, analisa Mendes. Outro problema é como equacionar o modelo de negócio. Uma questão-chave é a engenharia financeira. No modelo comercial tradicional, o fabricante é remunerado no curto prazo, após a venda de seu produto. No PSS, o fabricante obtém um faturamento maior, ao ofertar produto mais serviços, porém a remuneração é lenta, será diluída durante a vida útil do equipamento, aumentando a necessidade de capital de giro. “Em um país como o Brasil, onde o custo do dinheiro é alto, esse é um grande obstáculo”, analisa Zancul. Em mercados sazonais existe uma vantagem para o fabricante, porque em momentos de baixa nas vendas os sistemas ou produtos que estão em uso garantem um faturamento recorrente e constante.

Mendes, da UFSCar, diz que existem importantes barreiras organizacionais que precisam ser superadas. “As empresas industriais terão que desenvolver novas capacidades e processos”, afirma. Um exemplo: quem adere ao PSS precisa desenvolver relacionamentos mais duradouros com os clientes e ampliar sua estrutura dedicada aos serviços. O cliente levará em consideração não somente a qualidade do bem tangível, mas, principalmente, a qualidade dos serviços prestados, como confiabilidade, segurança e nível do atendimento. “Quem adotar o PSS e prestar serviços ruins terá dificuldade de sustentar o modelo de negócio.”

Há um impacto também no mercado de trabalho. As empresas contratarão mais funcionários ligados à prestação de serviços e terão que oferecer capacitação para que o serviço realmente atenda às expectativas dos clientes. Fernanda, da Udesc,

avalia que o PSS estimulará o trabalho em rede, com a atuação em conjunto de empresas especializadas em toda a cadeia produtiva e comercial, da concepção e produção ao atendimento do consumidor final. “É muito difícil uma empresa conseguir se especializar em todas as etapas do processo. É mais fácil terceirizar e agregar parceiros especializados ao ciclo do negócio”, esclarece.

Compreender os fatores de risco e de sucesso do PSS e desenvolver técnicas e métodos que auxiliem as empresas a aderir ao sistema são questões em estudo entre os pesquisadores da área de engenharia da produção. “A teoria do PSS ainda não está amadurecida e a maioria das empresas que planeja migrar para o sistema desiste”, conta Rozenfeld. O pesquisador está à frente de uma equipe na EESC-USP que elabora um projeto destinado ao desenvolvimento de uma metodologia para transformar empresas provedoras de produtos em provedoras de produtos-serviços, previsto para terminar em 2018.

Essa metodologia de servitização, descreve Rozenfeld, é composta por várias fases, como análise do negócio, definição da proposição de valor, que são os diferenciais do produto e como ele será percebido pelo cliente, e do modelo de negócio, criação do *business case* (documento que estabelece a lógica do negócio para investidores, bancos, entre outros), design das arquiteturas de tecnologia da informação, processos e serviços, além da preparação e do lançamento da cadeia de valor, que detalha as atividades da empresa na oferta da solução integrada de produto e serviços. No momento, a equipe da EESC-USP trabalha no apoio a duas empresas interessadas no sistema: uma fabricante de drones para a irrigação agrícola e outra de equipamentos para diagnóstico médico.

Para Mendes, que participa desse projeto e de outros com o mesmo tema, o foco da pesquisa atual é compreender a adoção de práticas de PSS por pequenas e médias empresas fabricantes de máquinas e equipamentos industriais e propor um conjunto de diretrizes, métodos e ferramentas para auxiliar as companhias de menor porte. “No Brasil, os estudos sobre o PSS em pequenas e médias empresas têm sido pouco enfatizados, mas em países como França e Itália a servitização já é uma realidade”, informa.

O potencial da internet das coisas (IoT) em soluções PSS é uma das áreas de investigação de Zancul, da USP. Esse tipo de solução está sendo desenvolvida por uma ex-aluna, a engenheira de produção Sílvia Mayumi Takey. Ela é sócia da DEV Tecnologia e coordena um projeto do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP que tem como objetivo o desenvolvimento de uma solução IoT que pode auxiliar uma



No Brasil, o sistema produto-serviço já chegou a pequenas e médias empresas

fornecedora de equipamentos para reciclagem de solventes químicos, a Rochmam, a migrar de um modelo de negócio, que atualmente envolve a venda ou aluguel de máquinas, para um modelo PSS.

Rochmam e DEV estão incubadas no Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia (Cietec) na Cidade Universitária, em São Paulo. Em uma primeira fase, já concluída, a DEV se dedicou a desenvolver hardwares e softwares necessários para permitir à Rochmam monitorar, via internet, os parâmetros operacionais de suas máquinas. A segunda fase do projeto, em andamento, é o desenvolvimento de um *gateway* – o equipamento de conectividade – que possa ser integrado com controladores lógicos programáveis e que tenha produção economicamente viável em larga escala. A ideia é que a solução IoT proporcione os meios que viabilizarão à Rochmam agregar serviços aos seus equipamentos e cobrar por solvente reciclado. ■

Projetos

1. Metodologia para transformação de oferta orientada a produtos para sistema produto-serviço (PSS) (nº 15/23094-6); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Henrique Rozenfeld (USP); **Investimento** R\$ 47.206,47.
2. Modelo de referência para gestão do processo de desenvolvimento de sistemas produto-serviço (nº 13/14549-4); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Glauco Henrique de Sousa Mendes (UFSCar); **Investimento** R\$ 28.144,08.
3. Aplicação de tecnologia de internet das coisas para viabilização de sistemas produto-serviço (PSS) (nº 16/50062-0); **Modalidade** Programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Pesquisadora responsável** Sílvia Mayumi Takey (Dev Tecnologia); **Investimento** R\$ 952.355,59.

Respiração sob controle

Pequenas empresas desenvolvem equipamentos hospitalares para problemas pulmonares

Evanildo da Silveira

Duas empresas paulistas desenvolveram equipamentos para terapia intensiva que estão sendo vendidos para hospitais do Brasil e do exterior. Uma delas é a Timpel, cujo nome é um acrônimo do produto que criou, um tomógrafo por impedância elétrica (TIE) usado para possibilitar ventilação de precisão a pacientes que respiram com a ajuda de ventiladores mecânicos ou pulmonares. A outra é a Magnamed, que fabrica dois tipos de ventiladores pulmonares, um para unidades de terapia intensiva (UTI) e outro para transporte de emergência de pessoas com dificuldades respiratórias.

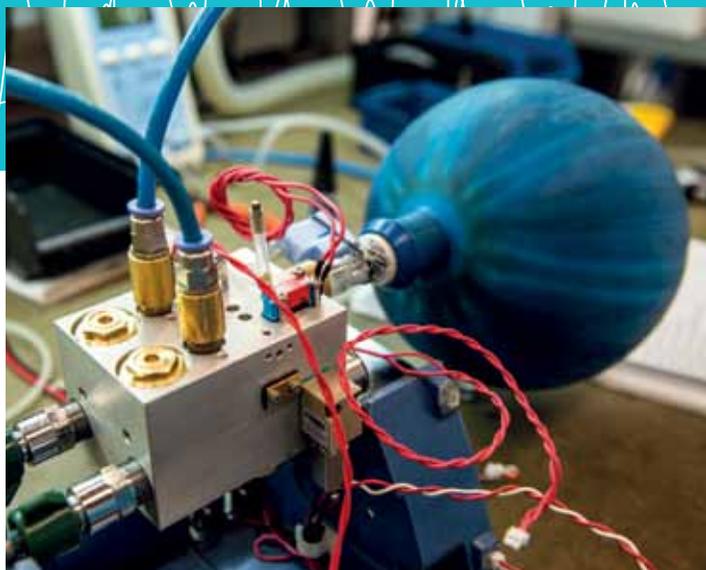
O tomógrafo da Timpel se vale da diferença de resistência a uma corrente elé-

trica em determinada voltagem (impedância) que existe entre as várias partes do corpo. Para fazer o diagnóstico, uma cinta com 32 eletrodos é colocada em volta do tórax do paciente e ligada a um monitor. Pulsos elétricos de baixa intensidade atravessam o corpo do indivíduo e encontram diferentes resistências no percurso. Isso permite que o médico saiba a quantidade de ar que entra no tórax e para onde está indo. “O sangue conduz bem a eletricidade”, explica o médico Carlos Carvalho, diretor da Divisão de Pneumologia do Instituto do Coração (InCor), da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), que participou das pesquisas clínicas para a criação do tomógrafo.



Na tela, tomógrafo desenvolvido pela Timpel permite saber com precisão o volume de ar no pulmão do paciente

O profissional pode observar no monitor se o ar se dirige para os dois pulmões, o que é bom, ou apenas para um, situação que pode causar complicações. É possível controlar melhor o volume, a pressão e o fluxo de oxigênio injetado, melhorando o prognóstico e diminuindo os riscos de lesão pulmonar, com a possibilidade de tratamento individualizado para cada paciente. “Cerca de 40% dos pacientes



Teste de equipamentos para ventilação pulmonar na Magnamed

internados em UTI necessitam de respiração artificial e, desses, 40% morrem por causa de complicações causadas pelo procedimento”, informa o pneumologista Marcelo Britto Passos Amato, da FM-USP, que também participou dos estudos clínicos que levaram à criação do TIE. “Nosso objetivo é reduzir esses índices.”

Dos dois equipamentos desenvolvidos pela Magnamed, o primeiro foi o OxyMag, um ventilador pulmonar (respirador artificial) portátil para pacientes transportados em qualquer tipo de UTI móvel. “O dispositivo ajuda médicos e paramédicos a agirem de forma mais rápida em momentos de emergência”, diz o engenheiro eletricista Wataru Ueda, presidente da empresa. “O OxyMag é leve, com apenas 3,25 quilos, de fácil manuseio, com display colorido touch screen e bateria com mais de seis horas de duração. Com esse aparelho é possível ventilar pacientes neonatais com extremo baixo peso, pediátricos e adultos.”

PRODUTO DA PESQUISA

O FlexiMag, por sua vez, é um ventilador pulmonar para ser usado em UTI. O equipamento capta a falta de estímulo respiratório: ao sentir que o paciente não inspirou, faz esse trabalho por ele, forçando a respiração. “O aparelho responde rapidamente à dificuldade do pa-

ciente e oferece maior controle da ventilação, porque o médico pode ver na tela o volume, a pressão e a distribuição do ar nos pulmões”, informa Ueda.

Novas estratégias em ventilação artificial começaram a ser desenvolvidas por meio de um projeto de pesquisa que teve financiamento da FAPESP, liderado por Amato, entre 2002 e 2008 (*ver Pesquisa FAPESP nº 151*). Essas estratégias evidenciaram a necessidade de um equipamento que permitisse a visualização em tempo real e a individualização do tratamento. “No começo não pensávamos que o trabalho iria resultar num produto”, lembra. “Quando percebemos que isso era possível, criamos a Timpel, em 2004.” Faziam parte da empresa, incubada no Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia (Cietec), na Cidade Universitária em São Paulo, pesquisadores da Faculdade de Medicina, da Escola Politécnica (Poli) e do Instituto de Matemática e Estatística (IME), todos da USP.

A Timpel logo fechou uma parceria com a Dixtal Biomédica, empresa especializada em equipamentos médicos hospitalares, para o desenvolvimento do tomógrafo, que durou cerca de quatro anos. “Em 2008, essa empresa foi comprada pela Philips, que não quis adquirir o projeto do TIE porque ele ainda estava

em desenvolvimento”, conta Carvalho. “Conseguimos alguns investidores para a Timpel produzir o equipamento.”

Embora tenha começado a ser usado em caráter experimental por pacientes da UTI respiratória do Hospital das Clínicas da FM-USP e do InCor, em 2006, a comercialização do TIE só teve início em 2015. “Até agora no Brasil vendemos mais de 60 equipamentos para hospitais privados, públicos e universitários”, conta o engenheiro eletricista Rafael Holzacker, diretor da Timpel. “Temos uma rede de distribuição estabelecida no Brasil. No exterior, abrimos a Timpel Medical, com sede na Holanda, para facilitar a logística e suporte próximo ao cliente. Já obtivemos a marca CE, para comercialização no mercado europeu, e temos compradores na Espanha, Alemanha, França e Suécia, além de Peru, Chile, Estados Unidos e Canadá, esses dois últimos por enquanto restritos à pesquisa, dada a restrição regulatória.” O faturamento da empresa em 2016 foi de R\$ 972 mil e nos seis primeiros meses deste ano atingiu R\$ 1,1 milhão.

A história da Magnamed começou na garagem da casa da mãe de Ueda, onde ficou por seis meses em 2005. Depois, em sociedade com o engenheiro mecânico Tatsuo Suzuki e o engenheiro eletricista Toru Kinjo, ele elaborou o plano de negócio. “No ano seguinte, o projeto foi selecionado para integrar o Cietec”, lembra Ueda. “Lá, fizemos a pesquisa e o desenvolvimento do produto, colocando em prática a ideia de negócio. Foram dois anos de incubação, com pesquisas financiadas por agências como FAPESP, CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico] e Finep [Financiadora de Estudos e Projetos].”

O fundo de investimentos de capital semente Criatec, mantido com recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento



OxyMag é um respirador portátil para uso em ambulâncias com equipamentos de UTI

Econômico e Social (BNDES), fez também um aporte no negócio. Ao todo, R\$ 5 milhões foram investidos na Magnamed naqueles anos. “Esse financiamento deu um novo fôlego ao negócio, que já se encontrava sem recursos para continuar o desenvolvimento dos produtos”, revela Ueda. “No fim de 2008, o OxyMag estava finalizado e a primeira fábrica da Magnamed foi montada em Cotia (SP).” O aparelho começou a ser comercializado em 2010, e o FlexiMag, em 2013.

Até agosto deste ano foram vendidos cerca de 5 mil equipamentos. “Em 2011, 70% do volume de vendas da Magnamed era de exportações”, informa Ueda. “Hoje, o quadro se inverteu: 70% das vendas de um faturamento de R\$ 34 milhões em 2016 foram no mercado brasileiro.” A empresa foi a fornecedora oficial dos equipamentos de ventilação de emergência da Olimpíada do Rio de Janeiro de 2016 e exporta para mais de 50 países, especialmente para a América Latina e Sudeste Asiático.

MERCADO DE EQUIPAMENTOS

Nenhuma das duas empresas está sozinha nos respectivos mercados dos aparelhos que desenvolveram. “Temos concorrentes grandes e de peso no Brasil e no mundo”, diz Ueda. “Mas o FlexiMag tem resposta mais rápida. Já o Oxymag é muito versátil e um dos mais leves do mercado. Além disso, utiliza um sistema, patenteado pela Magnamed, que

Com foco no mercado externo, a Timpel possui mais de 50 patentes depositadas em vários países

garante um melhor funcionamento, evitando falhas e reduzindo os custos de manutenção.”

No caso da Timpel, Holzacker afirma que a empresa é pioneira no desenvolvimento do tomógrafo por impedância elétrica e possui mais de 50 patentes depositadas nos principais países do mundo, protegendo aspectos fundamentais da tecnologia. “Há outras duas companhias no mundo que desenvolveram aparelhos semelhantes, uma na Alemanha e outra na Suíça”, conta. Agora, a empresa está trabalhando para dar um grande passo para aumentar o seu mercado. Ela busca

a aprovação da Food and Drug Administration (FDA), a agência federal que controla o uso de alimentos, medicamentos e dispositivos médicos nos Estados Unidos. “Dado o nível de inovação e potencial clínico do tomógrafo por impedância elétrica, desde o princípio nós tivemos um foco de internacionalização, desenvolvendo projetos de colaboração científica com centros de diversos países, incluindo os Estados Unidos”, explica Holzacker. “O FDA é fundamental para que a Timpel consiga acessar o mercado norte-americano, que representa mais de 40% do mercado mundial.”

A dificuldade é que, como nenhuma empresa até hoje comercializou equipamento semelhante naquele país, o FDA trate o tomógrafo por impedância elétrica como uma inovação. “Por isso, a rota de aprovação é mais complexa do que seria o processo de equipamentos médicos já tradicionalmente usado”, diz Holzacker. “Os documentos técnicos do TIE foram elaborados e submetidos, e ainda há interação com os especialistas do FDA em questões como usabilidade, entre outros itens que estão sendo resolvidos para que o equipamento seja aprovado.” ■

Projetos

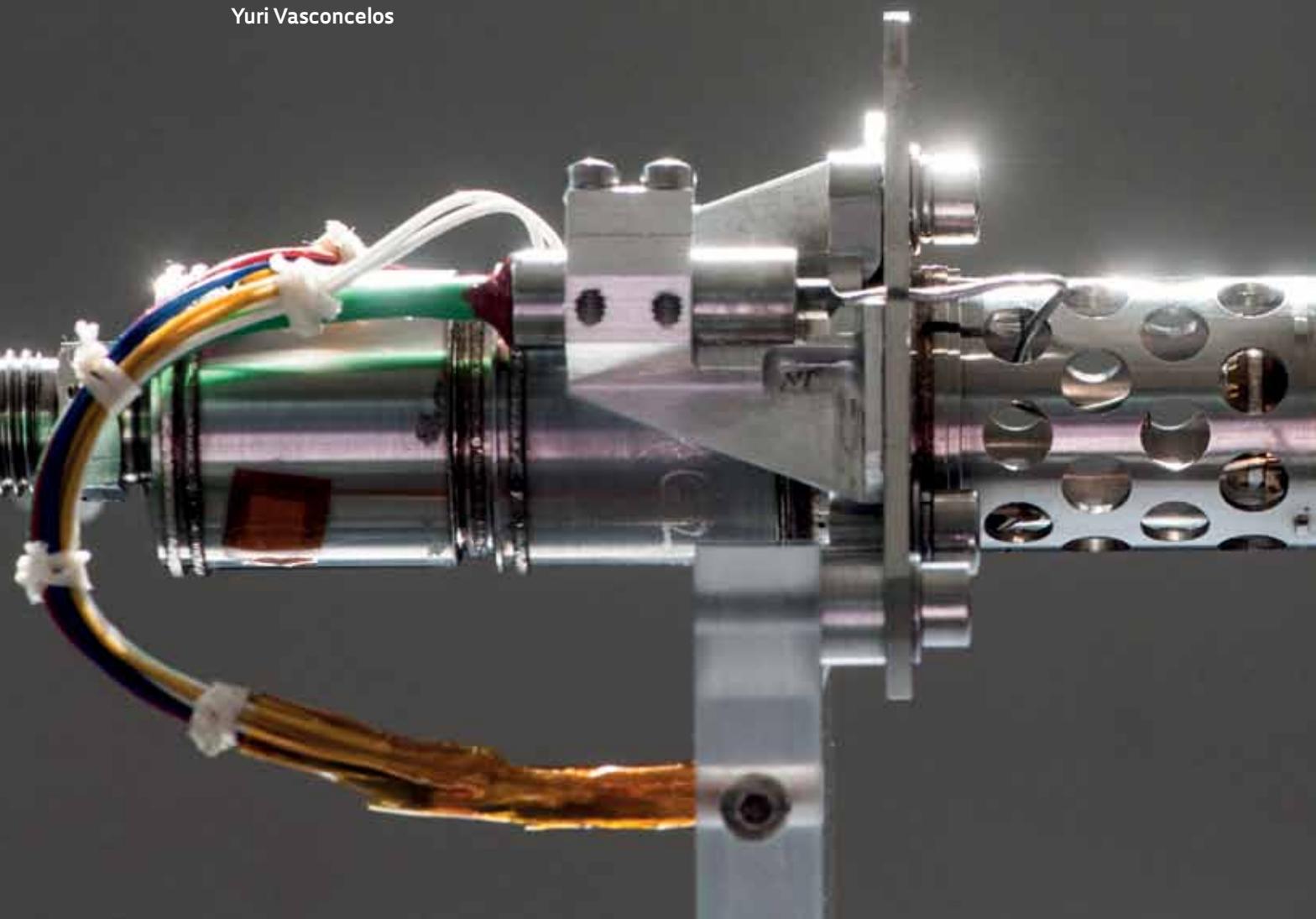
1. Ventilador pulmonar eletrônico neonatal com ventilação de alta frequência (nº 09/52357-4); **Modalidade** Programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Pesquisador responsável** Toru Miyagi Kinjo (Magnamed); **Investimento** R\$ 71.643,27.
2. Aquisição de sinal com alta resolução e processamento paralelo para reconstrução de imagens em tomografia por impedância elétrica. (FAPESP – Pipe/Pappe Subvenção 2013) (nº 13/50775-9); **Modalidade** Programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Pesquisador responsável** Rafael Holzacker (Timpel); **Investimento** R\$ 245.475,00.
3. Novas estratégias em ventilação artificial: Diagnóstico e prevenção do barotrauma/biotrauma através da tomografia de impedância elétrica (TIE) (nº 01/05303-4); **Modalidade** Projeto Temático; **Pesquisador responsável** Marcelo Britto Passos Amato (USP); **Investimento** R\$ 5.102.802,63.

PESQUISA EMPRESARIAL

Impulso espacial

Fibraforte desenvolve propulsores para satélites em parceria com o Inpe

Yuri Vasconcelos



O Brasil poderá tornar-se dentro de alguns anos um fornecedor global de propulsores para satélites. Esses equipamentos exercem o papel do motor do artefato e são responsáveis por grande parte das manobras feitas no espaço. Eles são acionados para que o satélite fique corretamente alinhado à Terra, ao Sol, a outros alvos de interesse astronômico, ou ainda para a realização de correções de órbita durante a vida útil do engenho. Essas manobras de correção e manutenção são necessárias para contrapor perturbações da órbita por efeitos gravitacionais terrestres, do Sol e da Lua. O conhecimento para produzir propulsores está restrito a uma dezena de empresas, todas elas estrangeiras. A Fibraforte Engenharia, com sede em São José dos Campos, no interior paulista, está prestes a entrar nesse time.

“Projetar, desenvolver e produzir propulsores é um passo importante para elevarmos o índice de nacionalização de nossos satélites”, ressalta o físico José

Leonardo Ferreira, professor do Instituto de Física da Universidade de Brasília (UnB). “A iniciativa da Fibraforte beneficia o país na disputa pelo mercado espacial. Mesmo que não consigamos vender um satélite completo, podemos fornecer seus componentes”, diz Ferreira, que já foi pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

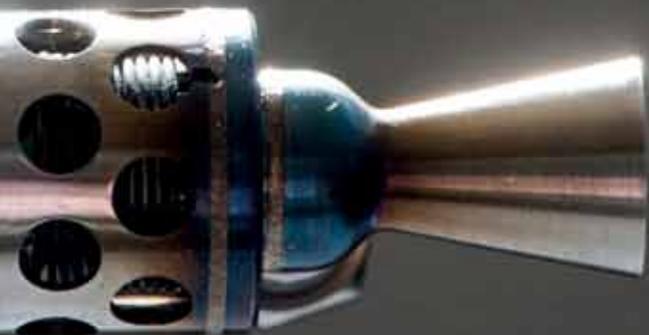
A Fibraforte foi criada em 1994 por três engenheiros formados no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos, para atuar como desenvolvedora de sistemas mecânicos para o programa espacial brasileiro. Nos últimos anos teve um faturamento médio de R\$ 6 milhões. Hoje, ela domina o processo de fabricação de um tipo de propulsor, classificado como monopropelente, que usa apenas um fluido para funcionar – no caso, a hidrazina na forma líquida, o propelente químico mais comum usado em motores de foguetes e satélites. Monopropelente porque a reação de liberação da energia química do propelente é de decomposição e não de combustão, situação que necessita de

um combustível e um oxidante. Sistemas propulsivos, compostos de tanque de propelente, tubulação e válvulas custam por volta de US\$ 2 milhões e são empregados em satélites de órbita baixa, como os de sensoriamento remoto, de observação da Terra e de coleta de dados, engenhos de médio porte que pesam até mil quilos (kg) e orbitam o planeta entre 300 quilômetros (km) e 800 km de altitude.

Há poucos meses, os pesquisadores da empresa começaram a trabalhar em uma nova classe de propulsores, mais potentes e de engenharia mais complexa, que emprega uma mistura de dois propelentes líquidos, um combustível e um oxidante, em uma reação de combustão. Esses propelentes são convertidos numa mistura gasosa a temperaturas de cerca de 3000 °Celsius. A mistura é expandida, acelerada num bocal e expelida a velocidades de aproximadamente 3 quilômetros por segundo (km/s), gerando uma força de empuxo sobre o satélite. Eles são destinados a satélites geoestacionários que podem pesar até 7 mil kg e ficam posicionados a 36 mil km da superfície.

Os geoestacionários são usados principalmente pelo setor de comunicações para transmissão de sinais de telefonia, internet, televisão e rádio. Ao contrário dos satélites de órbita baixa, o veículo lançador não injeta o satélite na órbita final, mas em uma zona de transferência. A navegação até a faixa de operação é feita por sistema propulsivo próprio. Nesses casos, aproximadamente 40% da massa total do satélite é composta de propelentes utilizados na manobra de transferência.

A Fibraforte foi contemplada em maio deste ano com recursos dos programas Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) e Apoio à Pesquisa em Empresas (Pappe) Subvenção – respectivamente da FAPESP e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) – para desenvolver quatro projetos voltados à produção de um propulsor bipropelente. A equipe de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da empresa trabalha na criação de



Teste de modelo de qualificação de propulsor que será utilizado no Amazônia-1

EMPRESA

FIBRAFORTE

Sede
São José dos Campos
(SP)

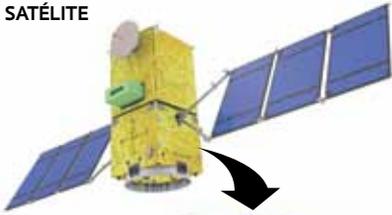
Nº de funcionários
15

Principais produtos
Propulsores e sistemas
mecânicos para
satélites

O motor dos satélites

Conheça o subsistema de propulsão desenvolvido pela Fibraforte para o Amazônia-1

SATÉLITE



COMO FUNCIONA

1 MOVIMENTAÇÃO

Os propulsores são responsáveis pela movimentação do artefato no espaço, de modo a corrigir a trajetória

2 MANOBRAS

O propelente sofre um processo de expansão termodinâmica nos propulsores, que expõem jatos para realizar as manobras

SUBSISTEMA DE PROPULSÃO

Válvulas de segurança

Válvulas para enchimento, pressurização e dreno do propelente

O tanque armazena o propelente a ser usado

As tubulações levam o combustível do tanque aos propulsores

46 cm de diâmetro

São seis propulsores, com empuxo de 5 newtons cada

14 cm

FONTE FIBRAFORTE

EQUIPE DE PESQUISADORES

Confira alguns dos profissionais que fazem P&D na Fibraforte e conheça as instituições responsáveis por sua formação

José Nivaldo Hinckel, matemático, gerente de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Fundação Universidade Regional de Blumenau (Furb): graduação Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA): mestrado Instituto Politécnico Rensselaer (Estados Unidos): doutorado
Leonardo Lara Tajiri, engenheiro eletricista, engenheiro de desenvolvimento	Universidade Federal de Itajubá (Unifei): graduação e mestrado
Luciano Bontempo, engenheiro mecânico, engenheiro de desenvolvimento	Universidade Estadual do Maranhão (UEMA): graduação ITA: mestrado
Jadir Gonçalves, engenheiro aeronáutico, diretor comercial	ITA: graduação
Thomas Shaw, engenheiro aeronáutico, diretor industrial	ITA: graduação
Lauro Benassi, engenheiro mecânico, diretor de qualidade	Escola de Engenharia Industrial de São José dos Campos (EEI): graduação

componentes do subsistema (válvulas de controle de fluxo, placa injetora e câmara de empuxo) e de uma bancada de testes de injetores de combustível.

“Diferentes tecnologias de propulsão podem ser usadas para o controle de altitude [posicionamento do satélite em relação à Terra] e a correção de órbita de satélites, como para a propulsão elétrica, de plasma ou com combustíveis sólidos. Mas os monopropelentes e os bipropelentes são os mais tradicionais e os que têm maior confiabilidade. A diferença entre um e outro está no empuxo, que é a força usada para deslocamento do satélite”, explica o engenheiro aeronáutico Jadir Nogueira Gonçalves, um dos fundadores e diretor comercial da Fibraforte. Ele conta que a empresa começou a fazer pesquisas na área de propulsão espacial no fim dos anos 1990, quando participou a convite do Inpe do desenvolvimento de um propulsor monopropelente de 2 newtons (N) de empuxo para uma plataforma suborbital do instituto – essa força equivale ao esforço necessário para elevar do solo um objeto que pese 200 gramas.

Em 2005, a Fibraforte concluiu, também em parceria com o Inpe e com financiamento da FAPESP, um módulo de propulsão mais potente, de 5N de empuxo, projetado para equipar a Plataforma Multimissão (PMM), uma estrutura genérica criada pelo Inpe na década passada como base para fabricação de satélites da classe de 500 kg. O sistema vai ser usado pela primeira vez no satélite de sensoriamento remoto Amazônia-1, cujo lançamento deve ocorrer em 2019. O módulo propulsivo desse artefato, o primeiro satélite nacional de médio porte inteiramente projetado e construído no país, é composto por seis propulsores (ver infográfico).

“Criamos também as válvulas de enchimento, o dreno de combustível e de gás pressurizante e a tubulação, além de montarmos todos os itens do subsistema”, conta o matemático e especialista em propulsão espacial José Nivaldo Hinckel. Ex-funcionário do Inpe, ele é hoje gerente de P&D e um dos líderes da equipe de pesquisa em propulsão da Fibraforte. “Entre os principais componentes do módulo, só não fizemos o tanque de combustível, mas já estamos trabalhando no projeto desse equipamento. Em breve seremos capazes de fabricá-lo.” A Fibraforte re-



Tubeira do propulsor em processo de soldagem

cebeu recursos da Finep, no valor de R\$ 2,6 milhões, para desenvolver o tanque de propelente e já construiu um modelo, que passou pelos primeiros testes estruturais e de desempenho.

TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Com a experiência adquirida ao longo de duas décadas de atuação na área de propulsão, a Fibraforte foi selecionada em janeiro de 2015 para participar do Acordo de Transferência de Tecnologia Espacial, contemplado no contrato de fabricação do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC). Adquirido pelo governo brasileiro da multinacional francesa Thales Alenia Space (TAS), o SGDC foi colocado em órbita em maio deste ano (*ver Pesquisa FAPESP n° 256*). O acordo de transferência de tecnologia firmado entre a AEB e a Thales previu o repasse de 20 tecnologias de satélites da fabricante europeia para indústrias nacionais. A Fibraforte foi escolhida para receber capacitação para o domínio do ciclo de desenvolvimento de um sistema de propulsão monopropelente para pequenos satélites, com peso entre 100 kg e 300 kg.

“Com propulsores de apenas 1N de empuxo, esse módulo de propulsão será capaz de fazer manobras mais precisas de ajuste de órbita”, destaca Gonçalves. “Como resultado desse programa, teremos condições de nos qualificar para fornecer à Thales e a outras empresas integradoras de satélites sistemas completos de propulsão, propulsores isolados e o tanque de propelente.” Segundo o pesquisador, em três anos a empresa estará apta a fabricar monopropulsores para os programas espaciais dos Estados Unidos e da Europa.



Ensaio do injetor de combustível

A indústria global de satélites faturou US\$ 260,5 bilhões em 2016, sendo que US\$ 13,9 bilhões foram destinados à fabricação dos artefatos – a receita restante foi obtida com a operação e o lançamento dos satélites e com a produção de equipamentos de apoio em terra. Norte-americanos e europeus dominam esse mercado. Nos últimos 25 anos, o Brasil projetou e construiu uma dezena de satélites. Nenhum deles usou sistemas propulsivos feitos no país. “Como o mercado brasileiro de satélites é restrito, tornar-se um fornecedor global é um caminho natural”, sustenta Gonçalves.

A Fibraforte conta com um setor de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) formado por 12 técnicos e pesquisadores, de um total de 15 funcionários. “A área de inovação é disseminada por todos os departamentos. Somos uma companhia de poucos funcionários de alta especialização”, ressalta o engenheiro aeronáutico Thomas Shaw, diretor industrial da Fibraforte. Segundo ele, as etapas de fabricação mais simples e outras atividades com baixa intensidade de P&D costumam ser terceirizadas.

Embora o foco da Fibraforte sejam os subsistemas de propulsão, a empresa

também se dedica ao desenvolvimento de outros componentes para satélites. Com a Cenic, indústria do setor espacial sediada em São José dos Campos, ela foi responsável pela estrutura do Cbers-4, colocado em órbita em 2014. A estrutura é o corpo do satélite, o “armário” onde vão acondicionados todos os seus componentes e subsistemas (de propulsão, térmico, de comunicação, de telemetria).

Para Petrônio Noronha de Souza, diretor de Política Espacial e Investimentos Estratégicos da Agência Espacial Brasileira (AEB), empresas como a Fibraforte são fundamentais para o país ter uma cadeia produtiva no setor espacial com um mínimo de autonomia. “Ter uma base industrial consolidada, com capacidade para fornecer equipamentos e subsistemas para satélites, além de fazer a montagem desses artefatos, é essencial para o programa espacial brasileiro”, destaca Souza. ■

Projeto

Desenvolvimento e qualificação de propulsor monopropelente de 5N para satélite (n° 03/07755-5); Modalidade Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); Pesquisador responsável Humberto Pontes Cardoso (Fibraforte); Investimento R\$ 590.007,79.

Desenvolvimento sob a luz

Incidência de LEDs em ovos férteis de galinha, de forma controlada, faz os embriões ganharem peso e altura

Marcos de Oliveira

Luzes de LED vermelho incidindo sobre ovos fecundados de galinha aceleraram o crescimento de embriões em até 25% e o aumento de peso em 50%, indica estudo realizado por um grupo de pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP). “A luz acelera o metabolismo em uma reação molecular”, explica o físico Vanderlei Bagnato, coordenador da pesquisa e do Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CePOF), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) da FAPESP. “Existem processos com luz que os avicultores utilizam nas granjas para substituir a galinha no aquecimento dos ovos na incubadora, mas o que propomos, embora possa ser feito na mesma incubadora, é diferente. São feixes de luz com comprimentos de onda específicos que não aquecem. A fotoestimulação age nas células.”

Em artigo publicado na revista *Journal of Biophotonics* em julho deste ano, Bagnato e a dentista Cristina Kurachi, também professora no IFSC, a pesquisadora em pós-doutorado Hilde Buzzá e a mestranda Amanda Zangirolami utilizaram LEDs com emissão de luz em 630 nanômetros (nm) e laser com 635 nm posicionados nos dois polos dos ovos. A iluminação foi feita com feixes de fibras ópticas sobre ovos já fecundados durante 24 horas, por 14 dias. “Usamos lasers, mas é possível usar apenas

LEDs”, diz Bagnato. Depois de testados vários lotes de ovos com potências diferentes, o melhor resultado apareceu com a dosagem de 0,014 miliwatt (mW) por centímetro quadrado (cm²) de luz por dia. “É uma dose muito fraca.”

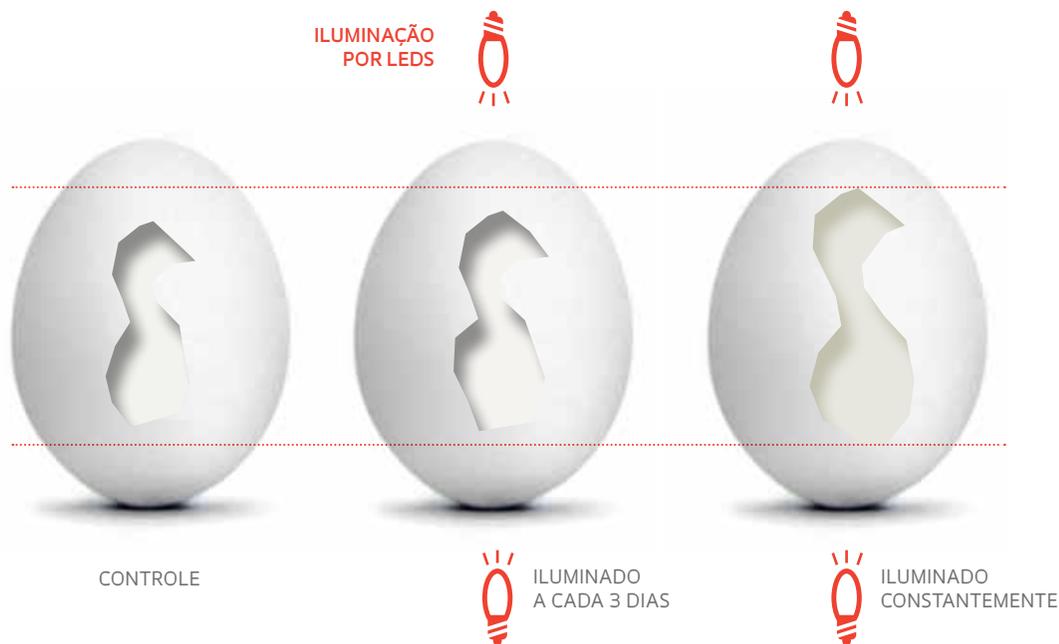
Para que esse processo possa ser utilizado na avicultura comercial, ainda serão necessários outros experimentos para estudo do desenvolvimento do embrião de frango, de modo que ele não cresça muito rápido e quebre a casca de forma antecipada. É preciso modular o crescimento do embrião, já que o ovo não muda de tamanho com a luz e o pintinho começa a quebrar a casca entre 18 e 21 dias. “Não adianta o embrião crescer muito, porque enquanto não estiver maduro a ave não pode sair do ovo. Além disso, há também o crescimento das penas no final da vida do embrião antes da quebra da casca”, pondera a engenheira Irenilza de Alencar Nääs, professora aposentada da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (Feagri-Unicamp) e diretora-presidente da Fundação Apinco [Associação Brasileira dos Produtores de Pintos de Corte] de Ciência e Tecnologia Avícolas, em Campinas.

Ao comentar o estudo, Irenilza conta que há experimentos com luz em ovos de galinha desde 1975, em Israel. Também citados por Bagnato, esses primeiros estudos utilizaram luz verde e o crescimento chegou a 17%. “Quando cresceram

FOTOESTIMULAÇÃO

A iluminação com luz vermelha acelera o metabolismo e o crescimento acontece por uma reação molecular do embrião

Várias dosagens de luz foram testadas nos dois polos dos ovos em períodos diferentes; um grupo de controle não foi iluminado. A que mais acelerou o crescimento e o peso foi a iluminação com 0,014 miliwatt durante 24 horas por 14 dias. Mesmo sob condições idênticas de luz, alguns embriões cresceram menos que outros. Ao lado, uma simulação do crescimento do embrião



FONTE CEPOF

em demasia, os frangos apresentaram problemas musculares e nos ossos”, alerta Irenilza. Outro problema é que o crescimento do embrião sob a luz de LED não é homogêneo, por razões ainda desconhecidas. São necessários mais estudos para que os resultados da pesquisa possam ser viáveis do ponto de vista comercial. Ainda não existe maneira eficaz, por exemplo, de garantir que os até 100 mil ovos que se desenvolvem ao mesmo tempo em uma incubadora sejam uniformes em tamanho e em qualidade.

SOLAR E ARTIFICIAL

“Essa é uma área aberta à pesquisa, principalmente agora com os LEDs”, afirma a engenheira. Ela conta que estudos mostraram que os frangos de corte em fase de crescimento preferem a luz de LEDs em vez de lâmpadas fluorescentes das granjas. “As aves ficam estressadas e agressivas porque percebem a intermitência das fluorescentes. Ao trocar por LED, que não tem essa característica, elas ficam calmas.” A pesquisadora avalia que o estudo do grupo de Bagnato traz boas contribuições sobre o tema porque existem poucas informações sobre a influência da luz artificial nos embriões dentro dos ovos. “As aves são altamente influenciadas pelas luzes solar e artificial, principalmente os indivíduos jovens. A iluminação contribui para o crescimento do frango.” Segundo Irenilza, o uso

de luz de LEDs nos embriões poderá contribuir, mas ela adverte que ainda serão necessários muitos estudos para verificar se o crescimento dos ossos não é demasiadamente afetado.

Bagnato também não vê aplicação imediata dos resultados do estudo na avicultura. O objetivo desse trabalho, diz o pesquisador, é aprimorar os banhos de luz usados em recém-nascidos prematuros humanos. De forma semelhante aos banhos de luz azul para tratamento da icterícia, doença que deixa os recém-nascidos amarelados, ele imagina que a fototerapia poderá acelerar o desenvolvimento daqueles que nascem antes dos nove meses. “Como a luz acelera o metabolismo, a hipótese que levantamos é de que seria possível diminuir o tempo do bebê na incubadora.” O físico continua os estudos, agora com ratos. “Com mamíferos, dá para induzir o parto prematuro, o que não é possível com aves.” ■

Projeto

CePOF-Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (nº 13/07276-1);
Modalidade Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid);
Pesquisador responsável Vanderlei Salvador Bagnato (USP);
Investimento R\$ 28.014.802,21 (para todo o projeto).

Artigo científico

Buzzá, H.H. *et al.* Photostimulation effects on chicken egg development: Perspectives on human newborn treatment. **Journal of Biophotonics**. Online em julho de 2017.

Homo sapiens no centro da América do Sul

Sítio perto de Cuiabá indica presença do homem há 27 mil anos em Mato Grosso

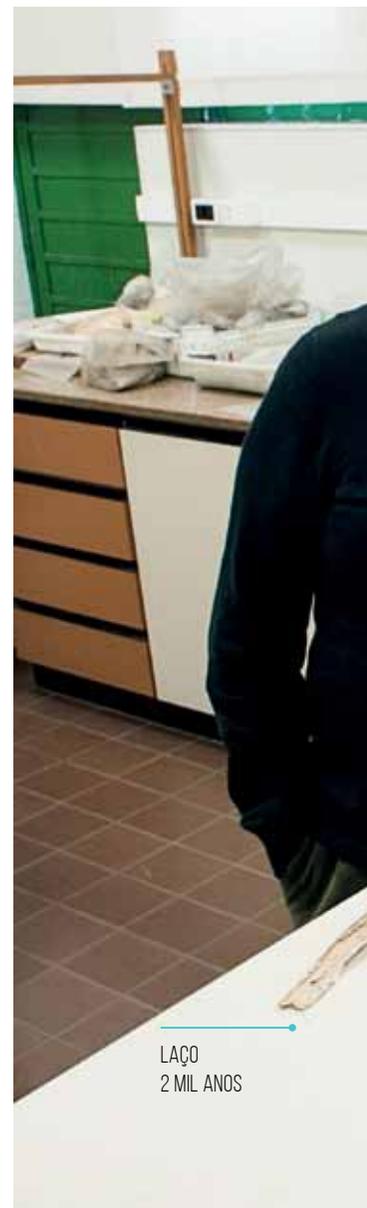
Marcos Pivetta

Distante cerca de 80 quilômetros (km) a noroeste de Cuiabá, o município mato-grossense de Jangada está colado ao centro geográfico da América do Sul. Para qualquer lado que se ande, a visão do oceano, seja o Pacífico ou o Atlântico, somente aparece depois de percorridos ao menos 1.500 km. Nessa porção do Cerrado, a vegetação é mais densa e a serra das Araras, com altitudes entre 500 metros (m) e 800 m, pontua a paisagem. Em um abrigo sob rochas de difícil acesso, situado em um vale na parte sudeste da cadeia de montanhas, dois paredões calcários preservam um pedaço pouco conhecido da pré-história do Brasil e das Américas. Entre 1984 e 2004, o casal de arqueólogos Denis Vialou e Águeda Vilhena Vialou, do Museu Nacional de História Natural da França, coordenou escavações em duas áreas contíguas de 80 metros quadrados desse refúgio rupestre e encontrou indícios de que o homem moderno teria habitado a região em dois momentos: por volta de 27 mil anos e entre 12 mil e 2 mil anos atrás.

Não há ossadas de *Homo sapiens* no local, mas uma série de vestígios indiretos de sua presença. Como a espécie humana teria se estabelecido em um ponto tão distante do litoral em tempos tão remotos é, no entanto, uma pergunta ainda sem resposta.

Uma síntese dos achados de duas décadas e dos estudos posteriores feitos com material obtido no abrigo Santa Elina, nome do sítio paleoarqueológico, ganhou as páginas da edição de agosto da revista científica *Antiquity*. As informações do artigo já tinham sido apresentadas em textos e até em livros escritos em português ou francês, mas não em inglês, e em uma revista internacional de peso da arqueologia. No trabalho, a brasileira Águeda e o francês Denis, com o auxílio de colaboradores, resumem os três tipos de vestígios da presença humana encontrados na região e as datações associadas a eles.

O primeiro são fragmentos de pedra que exibem marcas, como serrilhados, retoques e riscos, que só poderiam ter sido produzidas de forma artificial pela



LAÇO
2 MIL ANOS

Os arqueólogos Denis e Águeda Vialou em frente a material encontrado no sítio de Santa Elina



ARTEFATO LÍTICO
27 MIL ANOS

CALÇAMENTO
MANCHADO
6 MIL ANOS

SANDÁLIA DE FIBRAS
2 MIL ANOS

COLAR
2 MIL ANOS

ESTOJO PENIANO
2 MIL ANOS

mão do homem com o auxílio de alguma ferramenta lítica. O segundo são ossos de dois exemplares de preguiças-gigantes do gênero *Glossotherium* descobertos em camadas geológicas com grande quantidade de artefatos de pedra trabalhados pelos habitantes do abrigo. “Encontramos dois adornos, com furos nas extremidades, feitos de osteodermas de preguiça”, comenta Águeda. Osteodermas são placas ósseas, semelhantes a escamas, que ficavam no dorso do animal. O terceiro tipo de vestígios compreende restos de fogueiras, de origem antrópica, presentes ao longo das camadas associadas à ocupação humana.

O material obtido em Santa Elina está guardado no Museu de Arqueologia e

Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP), onde o casal de arqueólogos dá aulas durante dois meses por ano como professores convidados. Alguns de seus colaboradores brasileiros são também pesquisadores da instituição paulista, como os arqueólogos Levy Figuti e Veronica Wesolowski de Aguiar e Santos. O acervo do abrigo rupestre conta com 4 mil peças da indústria lítica, além de mais de 200 ossos de preguiças-gigantes. “O sítio apresenta, ainda, cerca de mil pinturas rupestres”, destaca Denis. Nos paredões que protegem o abrigo, os desenhos, geralmente de figuras humanas, animais ou seres disformes, apresentam tons avermelhados, decorrentes do uso de hematita, principal forma do minério

de ferro. A hematita era levada para o interior do sítio e esfregada contra blocos de pedra que formavam uma espécie de calçamento interno. Dessa forma, o homem pré-histórico obtinha o pigmento para seus desenhos. Esses blocos, alguns deles guardados no MAE-USP, apresentam ainda hoje manchas da cor do minério de ferro.

Diferentes amostras retiradas de Santa Elina, cujas escavações atingiram em alguns pontos 4 m de profundidade, foram submetidas a três técnicas de datação e os resultados foram convergentes. Mais de 50 amostras de carvão, restos de fogueiras por humanos encontrados nas camadas mais superficiais do sítio, foram datadas por carbono 14. A idade da maioria das amostras variou entre 2 mil e 12 mil anos e seis atingiram entre 10 mil e 20 mil anos. Lascas de madeira e microcarvões, provenientes de escavações mais profundas, também foram datados por esse método clássico e atingiram por volta de 27 mil anos. Dois ossos da megafauna, um retirado de uma camada mais superficial e outro oriundo de sedimentos mais profundos, foram submetidos ao chamado método urânio/tório. O primeiro obteve a idade de 13 mil anos e o segundo, de 27 mil anos. Três amostras de sedimentos contendo quartzo de camadas distintas (2,30 m, 3 m e 3,85 m de profundidade) foram datadas por termoluminescência óptica. As idades atingiram, respectivamente, 18 mil, 25 mil e 27 mil anos.

ESCRITOS DE ÍNDIOS

O casal franco-brasileiro tomou conhecimento da existência do abrigo Santa Elina no início dos anos 1980. Durante os meses que costumam passar no Brasil, Águeda e Denis foram convidados por um conhecido de Cuiabá para visitar sua fazenda em Mato Grosso, onde havia “escritos de índios” em pontos

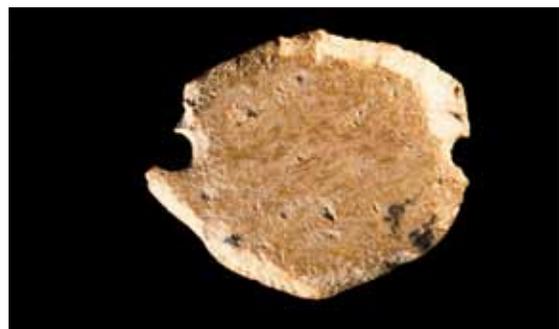
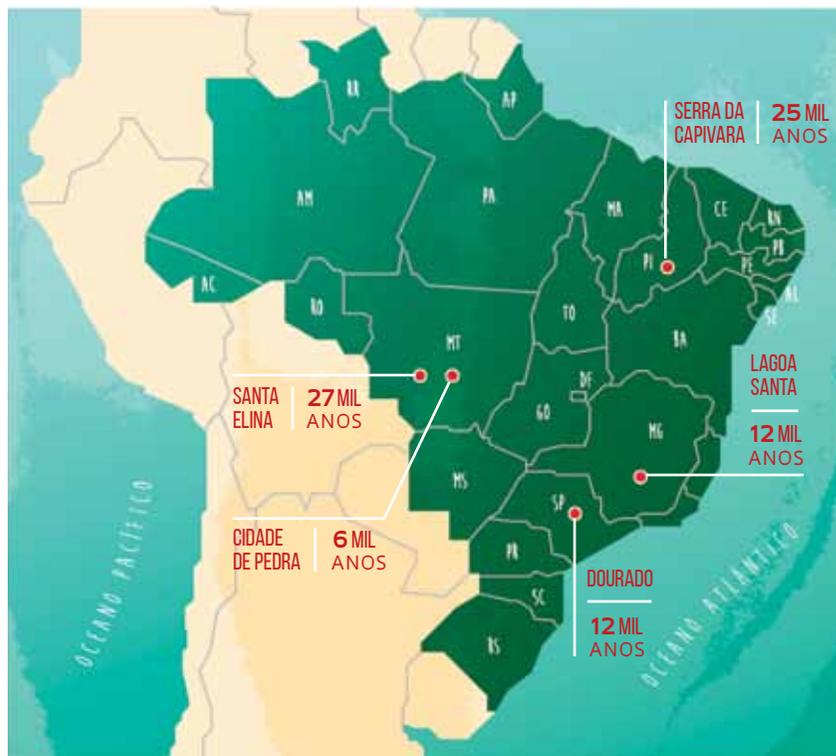
isolados da serra das Araras. A viagem foi proveitosa e rendeu a descoberta do abrigo rupestre recheado de pinturas e com rico material paleoarqueológico. Paralelamente às escavações em Santa Elina, a dupla, sempre com a colaboração de colegas e alunos de universidades brasileiras e francesas, também iniciou trabalhos de campo em outra parte de Mato Grosso. Perto de Rondonópolis, cerca de 300 km ao sul do município de Jangada, há um conjunto de mais de 170 sítios líticos denominado Cidade de Pedra. Além de pinturas, a região tem cerâmicas, adornos feitos com pedaços de hematita e uma abundância de resquí-

cios de fogueiras antrópicas da pré-história. “Datamos carvões dessas fogueiras e os resultados indicam uma presença humana na Cidade de Pedra entre 6 mil e 2 mil anos atrás”, esclarece Águeda.

A cronologia proposta por Águeda e Denis para os sítios mato-grossenses, em especial para o abrigo Santa Elina, sinaliza que o *Homo sapiens* pode ter se estabelecido muito antes do que se pensava no centro da América do Sul. No Brasil, apenas a região do Parque Nacional Serra da Capivara, em São Raimundo Nonato, no Piauí, apresenta indícios da presença humana tão ou mais antigos do que os de Santa Elina. Desde a década de 1980,

Vestígios da pré-história

Alguns dos mais antigos sítios arqueológicos encontrados no território brasileiro



Adorno de 25 mil anos feito com osso de preguiça e artefato lítico modificado pelo homem



Pintura rupestre de um dos 170 sítios pré-históricos da Cidade de Pedra, perto de Rondonópolis

a arqueóloga brasileira Niède Guidon sustenta que essa região do Nordeste, onde existem 1.350 sítios arqueológicos conhecidos, teria sido povoada pelo homem algumas dezenas de milhares de anos ou até mesmo 100 mil anos atrás.

Durante muito tempo, as datações mais antigas defendidas por Niède, que se baseavam em análises de carvão de fogueira e posteriormente de material lítico trabalhado pelo homem, foram alvo de grande polêmica. Nos últimos anos, novos estudos apontam que a presença humana no Piauí parece realmente ultrapassar ao menos os 20 mil anos. “Não há nenhum problema em haver datações muito antigas em vários pontos das Américas, como é o caso de Santa Elina”, comenta Niède, diretora-presidente da Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM), entidade civil que administra o parque em cooperação com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

MUDANÇA DE PARADIGMA

A cronologia da chegada do *Homo sapiens* às Américas, o último continente a ser conquistado pelo homem moderno, tem passado por grandes revisões nos últimos 15 anos. “Houve uma mudança de paradigma”, explica a arqueóloga Adriana Schmidt Dias, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). “A ideia difundida por colegas norte-americanos de que a chamada cultura Clovis fora a primeira das Américas

atualmente se mostra superada pela descoberta de sítios mais antigos em várias partes do continente. Hoje as revistas científicas estão mais abertas a trabalhos que reforçam essa linha.” Conhecida fundamentalmente por meio das pontas de pedra resgatadas em localidades do estado do Novo México, a cultura Clovis apresenta sítios que foram datados em, no máximo, 13 mil anos. Sua suposta primazia em termos de antiguidade se casava com a hipótese da chegada, mais ou menos nessa mesma época, do *Homo sapiens* ao continente americano via Beríngia, antiga porção de terra firme que conectava a Sibéria ao Alasca, e sua posterior dispersão pelas Américas por rotas internas.

Enquanto essa abordagem predominou, sítios arqueológicos com indícios de serem mais antigos do que Clovis ou que não reforçavam a visão da entrada do homem moderno nas Américas pelo Alasca eram vistos com extrema desconfiança. O sítio chileno de Monte Verde tem sido, por exemplo, alvo de discussões acaloradas entre os arqueólogos desde a década de 1970, quando saíram os primeiros dados insinuando a presença do homem no sul do continente há 14,5 mil anos. A mais recente revisão do *status* de Monte Verde ocorreu em novembro de 2015, quando um estudo na revista *PLOS ONE* datou artefatos de pedra modificados por humanos em 18,5 mil anos.

Águeda e Denis evitam falar sobre como o homem teria chegado a Santa Elina, no coração da América do Sul,

há mais de 25 mil anos. Devido à sua localização, o abrigo funciona como um refúgio natural em meio às elevações da cadeia de montanhas. É provável que a região tenha sido acessível por navegação fluvial desde tempos remotos, pois a serra das Araras está a 30 km do rio Cuiabá, um importante afluente da bacia do Paraná-Paraguai. “Não temos sítios arqueológicos de 25 mil anos em número suficiente nas Américas para esboçar uma rota provável”, diz Denis. “O que sabemos é que, há 10 mil anos, o homem já estava presente em todo o continente.”

Um levantamento publicado em 2013 na revista científica *Quaternary International* indica que, entre 13 mil e 8 mil anos atrás, o homem tinha se estabelecido em todas as grandes regiões e biomas do Brasil. O trabalho contabilizou dados de 90 sítios e 277 datações. “O homem provavelmente entrou nas Américas há pelo menos 18 mil anos”, sugere Adriana Dias, autora do estudo ao lado dos arqueólogos Lucas Bueno, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e James Steele, do University College London, no Reino Unido. “Mas a ocupação efetiva de todo o continente ocorreu por volta de 12 mil anos. Santa Elina é uma luzinha piscando no painel da colonização que atesta a possibilidade de ter havido um povoamento antigo no centro da América do Sul.” ■

Artigo científico

VIALOU, D. et al. Peopling South America's centre: The late Pleistocene site of Santa Elina. *Antiquity*. vol. 91, n. 358, p. 865-84.

O sumiço da megafauna de Lagoa Santa

Estudo diz que mudanças climáticas e a presença humana podem ter levado à extinção de grandes herbívoros

A extinção da chamada megafauna na América do Sul por volta de 11 mil atrás é tema de debates sem fim. Dois fatores costumam ser apontados como possíveis causas do desaparecimento de preguiças terrestres gigantes, mastodontes, gliptodontes (ancestrais dos atuais tatus) e outros animais que podiam pesar toneladas: mudanças climáticas, que teriam inviabilizado sua adaptação a um ambiente natural em mutação, e a chegada do homem moderno ao seu hábitat. Um estudo publicado em 18 de agosto na revista científica *Quaternary Research* usa uma metodologia alternativa para abordar essa questão em Lagoa Santa, em Minas Gerais, onde há sítios pré-históricos que atestam a presença humana e da megafauna.

O biólogo brasileiro Marco F. Raczka, que faz estágio de pós-doutorado no Instituto de Tecnologia da Flórida (Florida Tech), Estados Unidos, analisou a presença de vestígios fósseis de fungos do gênero *Sporormiella*, que funciona como um marcador da existência de grandes herbívoros em uma área. Embora também contasse com carnívoros no topo da cadeia alimentar, como o tigre-dente-de-sabre, a megafauna era composta basicamente por herbívoros. “Nossas análises indicam que a população de grandes herbívoros já estava diminuindo em Lagoa Santa antes da chegada do homem”, explica Raczka. “Mas sua presença na região deve ter ajudado a ace-

lerar o processo de extinção.” O artigo também é assinado pelo geólogo Paulo Eduardo de Oliveira, da Universidade de São Paulo (USP), e pelo paleoecólogo Mark Bush, do Florida Tech.

Raczka coletou vestígios de pólen, carvão e do fungo em dois corpos d’água da região mineira, a Lagoa Olhos d’Água e o Lago Mares, que se formaram por volta de 23 mil anos atrás. O fungo se reproduz no trato intestinal de herbívoros e é eliminado com as fezes. Como a beira de lagos é um local comumente escolhido pelos animais para fazer suas necessidades, esses corpos d’água são áreas de concentração do fungo quando há (ou havia) herbívoros por perto. Segundo as análises, a quantidade do fungo nos dois lagos começou a decair por volta de 18 mil anos atrás, antes da chegada do homem a Lagoa Santa, e atingiu seu nível mais baixo entre 12 mil e 11 mil anos atrás, quando o *Homo sapiens* já tinha fincado pé por ali. O declínio da megafauna teria se iniciado em um período mais frio e úmido e seu fim, coincido com um momento de aumento da temperatura. “O estudo não



Fungo *Sporormiella* encontrado na Lagoa Olhos d’Água funciona como marcador da presença de grandes herbívoros

tem a pretensão de dar a resposta definitiva sobre a extinção da megafauna”, pondera Raczka. “Apenas estamos aplicando uma nova forma de análise sobre essa questão.” O fungo *Sporormiella* já foi empregado em estudos semelhantes da Austrália, Estados Unidos e Peru.

Para o bioantropólogo Walter Neves, da USP, que estuda a região de Lagoa Santa, não faz sentido a suposição de que mudanças climáticas ou a caça possam ter levado ao desaparecimento da megafauna. “Não defendo a hipótese ambiental porque, antes de sua extinção, esses bichos resistiram a várias oscilações climáticas igualmente severas ao longo dos últimos 3 milhões de anos. Não há também sequer um ossinho de megafauna nos sítios arqueológicos do Brasil, muito menos em Lagoa Santa, que sustente a ideia de que houve caça em excesso”, comenta Neves. “Ninguém sabe por que a megafauna desapareceu.” ■

Artigo científico

RACZKA, M. F., BUSH, M. B. e OLIVEIRA, P. E. The collapse of megafaunal populations in southeastern Brazil. *Quaternary Research*. 17 ago. 2017.

Desafios globais da divulgação científica

Evento na Grécia apresentou atividades de comunicação de ciência que podem ser realizadas em qualquer país

Patricia Santos



Compartilhar e explicar para públicos variados os avanços científicos que surgem cotidianamente nas diversas áreas do conhecimento são desafios comuns a cientistas e comunicadores de todo o mundo. A dificuldade em conseguir financiamento para essas atividades também. Para apresentar e debater experiências de divulgação, a União Europeia financiou por meio do programa Erasmus+ um evento de formação de divulgadores científicos. Realizado entre 3 e 12 de julho na cidade de Maratona, na Grécia, o STEAM Summer School resulta de parceria entre as universidades de Malta (República de Malta), Haag-Helia (Finlândia), Rhine-Waal (Alemanha), Edimburgo (Escócia), Associação Helênica de Jornalistas de Ciência Science View (Grécia) e a União Europeia de Associações de Jornalistas de Ciência.

O evento reuniu 52 cientistas, professores, estudantes de pós-graduação, jornalistas e divulgadores de 19 países, a maioria europeus, e também participantes da Ásia, África e das Américas. Direcionado à divulgação de ciência, tecnologia,

engenharia e matemática (STEM), o curso está previsto para acontecer em três edições sediadas em um país europeu diferente a cada ano – a primeira ocorreu em 2016, em Cleves, na Alemanha. A organização do evento acrescentou o A, de arte, na sigla, transformando-a em STEAM. A proposta do curso de verão é enfatizar habilidades de comunicação, teorias sobre o tema e abordar políticas e gestão de projetos de divulgação científica.

Foram apresentados alguns estudos de caso como exemplo de ações que podem ser realizadas em qualquer país. Um deles foi o Bright Club, um pequeno show humorístico envolvendo cientistas de todas as áreas. A cada edição do Bright Club, um comediante profissional conduz a noite convidando ao palco pesquisadores voluntários que fazem apresentações do tipo *stand up*. Em 8 minutos, usam o humor para falar de assuntos científicos que dominam. Além do entretenimento, o show é uma oportunidade para que o cientista desenvolva habilidades de engajamento com o público.



Atividades orientadas de comunicação científica (à esq. e acima), na Grécia



A comédia *stand up* sobre temas científicos foi criada em 2009 e se espalhou por 10 cidades do Reino Unido

Criada na University College London (UCL) em 2009, a ideia se espalhou por mais de 10 localidades no Reino Unido. Edições foram realizadas na Austrália, Alemanha, França, Bélgica, Malta e em julho na Grécia durante a STEAM Summer School. “Os interessados entram em contato e conversam conosco para depois começar a preparar o show. Não somos ‘donos’ do Bright Club, apenas fomos os primeiros a realizá-lo”, explica a historiadora Lizzy Baddeley, coordenadora da área de Engajamento Público na UCL. Os organizadores tanto podem ser ligados a instituições de pesquisa ou voluntários interessados em ciência. Eles podem definir a frequência de shows, com a recomendação de seguir uma estrutura principal. Um manual com informações é enviado aos interessados em replicar o evento, que deve ser feito em locais já reconhecidos pelo público como ambientes de comédia e os organizadores precisam ter cientistas diferentes a cada show. Todos devem passar por um treinamento de até duas horas sobre o conteúdo essencial de uma comédia *stand up*, embora caiba aos pesquisadores pensar no roteiro.

“A preparação é intencionalmente livre para ajudá-los a desenvolver suas próprias vozes cômicas”, explica Steven Cross, comediante e divulgador de ciência do Reino Unido. Cross esteve à frente da coordenação da área de Engajamento Público da UCL por sete anos. Quando o projeto foi criado, ele tinha em mente a ideia de divulgar ciência pelo humor e foi buscar soluções para tornar a proposta viável. O comediante conversou com pesquisadores das áreas de marketing, psicologia e profissionais que realizam shows de comédia e conseguiu definir uma estratégia para venda de ingressos: era preciso chegar a um valor acessível que, ao mesmo tempo, relacionasse o Bright Club a um evento de alta qualidade. O Wellcome Trust, instituição filantrópica britânica de pesquisa biomédica, financiou o início do projeto e hoje os custos são cobertos pelos ingressos vendidos a £ 8 (cerca de R\$ 30), exceto o pagamento dos profissionais envolvidos na organização que são ligados à UCL, conta Lizzy. Fora de Londres, cada Bright Club tem sua forma própria de financiamento.

BRIGHT CLUB
Durante o STEAM Summer School, 10 participantes do curso realizaram performances nos moldes do Bright Club. Um deles foi o climatologista James Ciarlo, pesquisador na Universidade de Malta, que contou situações em que costuma ser confundido com o “homem da previsão do tempo” e se disse frustrado quando estudos de modelagem do clima são confundidos com adivinhação. “Não olhamos bola de cristal, posso garantir. Em vez disso, sentamos na frente do computador e passamos longas noi-



Apresentação de James Ciarlo (acima), este ano, e estudantes do projeto Creations em peça teatral (à dir.)



tes estudando, programando, e falando palavras, até chegarmos a algo útil”, relatou em sua apresentação.

Outra iniciativa que pode inspirar projetos de divulgação foi o Creations, que abrange diferentes países e culturas promovendo a relação entre ciência e arte por meio de teatro, música, exposições, entre outras atividades. A iniciativa envolve 10 países europeus e tem como meta chegar a 2 mil professores, 25 mil estudantes, inclusive de regiões rurais, até setembro de 2018. O Creations é financiado pela Comissão Europeia – órgão executivo da União Europeia – com investimento de € 1,7 milhão (cerca de R\$ 6,3 milhões) em um programa de três anos iniciado em 2016. O projeto tem uma abordagem pedagógica que defende o ensino de ciências baseado em investigação e solução de problemas usando atividades artísticas de interesse dos jovens para engajá-los no aprendizado.

Nesse modelo, laboratórios de pesquisa participam usando sua infraestrutura para criar os chamados “cenários”, oferecendo atividades práticas para os estudantes. A Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (Cern), em Genebra, Suíça, é uma das instituições participantes. Lá, os alunos de cursos que correspondem ao ensino médio brasileiro conhecem experimentos como colisão de partículas, por exemplo. “A partir da visita, os alunos elaboram músicas, vídeos, desenhos, fotografias e outros trabalhos artísticos”, conta o matemático Menelaos Sotiriou, pesquisador associado da Faculdade de Filosofia, Pedagogia e Psicologia da Universidade de Atenas, que integra o Creations. Atividades como a do Cern são documentadas e disponibilizadas para os professores em uma plataforma on-line. De forma compartilhada, eles utilizam, adaptam ou criam mais conteúdo para aulas de ciências. Até 2018, o projeto prevê che-

gar a 100 atividades feitas por instituições parceiras.

Na Grécia foi também apresentada aos participantes do curso Science in the City – Science and Arts Festival, evento de um dia que acontece anualmente em Malta, desde 2012. No país de cerca de 450 mil habitantes ao sul da Europa, a capital Valeta é tomada por instalações artísticas, peças de teatro, música, dança, jogos e exposições. Tudo é inspirado por um tema científico, como “Futuros, ou como a pesquisa de hoje moldará a sociedade do amanhã”, título do festival de 2017 que ocorrerá em 29 de setembro.

De acordo com o geneticista Edward Duca, coordenador do festival maltês, são selecionados artistas por meio de uma chamada pública, que recebem financiamento para as performances. O objetivo é dar visibilidade para pesquisas e pesquisadores, além de apresentar determinadas áreas como opção de carreira. Segundo Duca, o festival ganhou relevância social, turística e econômica para o país.

AVANÇOS NECESSÁRIOS

Na América Latina, os eventos são a maneira mais utilizada para divulgar ciência (32,9%), seguidos pela internet (14,6%) e pelos meios de comunicação tradicionais, como TV e jornais (12,8%). Diferentemente dos casos europeus apresentados na Grécia, 68,3% das iniciativas são eventuais ou ocasionais, o que limita seu impacto, segundo estudo publicado no livro *Diagnóstico de la divulgación de la ciencia en America Latina*, editado pela Rede de Popularização da Ciência e da Tecnologia da América Latina e Caribe (RedPop).

O trabalho foi elaborado a partir de uma enquête on-line respondida em 2016 por gestores de instituições de pesquisa, jornalistas, divulgadores de ciência, grupos organizados de pesquisadores e comunicadores independentes em que foram obtidas 123 respostas de 14 países da região. Segundo os autores, apesar de ter havido avanços na promoção da cultura científica na região, as oscilações políticas e econômicas geram descontinuidades para o setor. “É mais fácil criar iniciativas novas de divulgação



Performance em praça pública de Valeta, capital de Malta, como parte do Science in the City – Science and Arts Festival de 2015



Escultura de Elisa von Brockdorff para o festival maltês de 2012: artistas são selecionados por chamada pública

Na Europa, o financiamento da divulgação científica também depende, em grande parte, de agências públicas

científica do que manter as existentes, por uma questão de visibilidade”, conta a jornalista Luisa Massarani, pesquisadora do Núcleo de Estudos da Divulgação Científica do Museu da Vida da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), no Rio de Janeiro, e coautora do estudo.

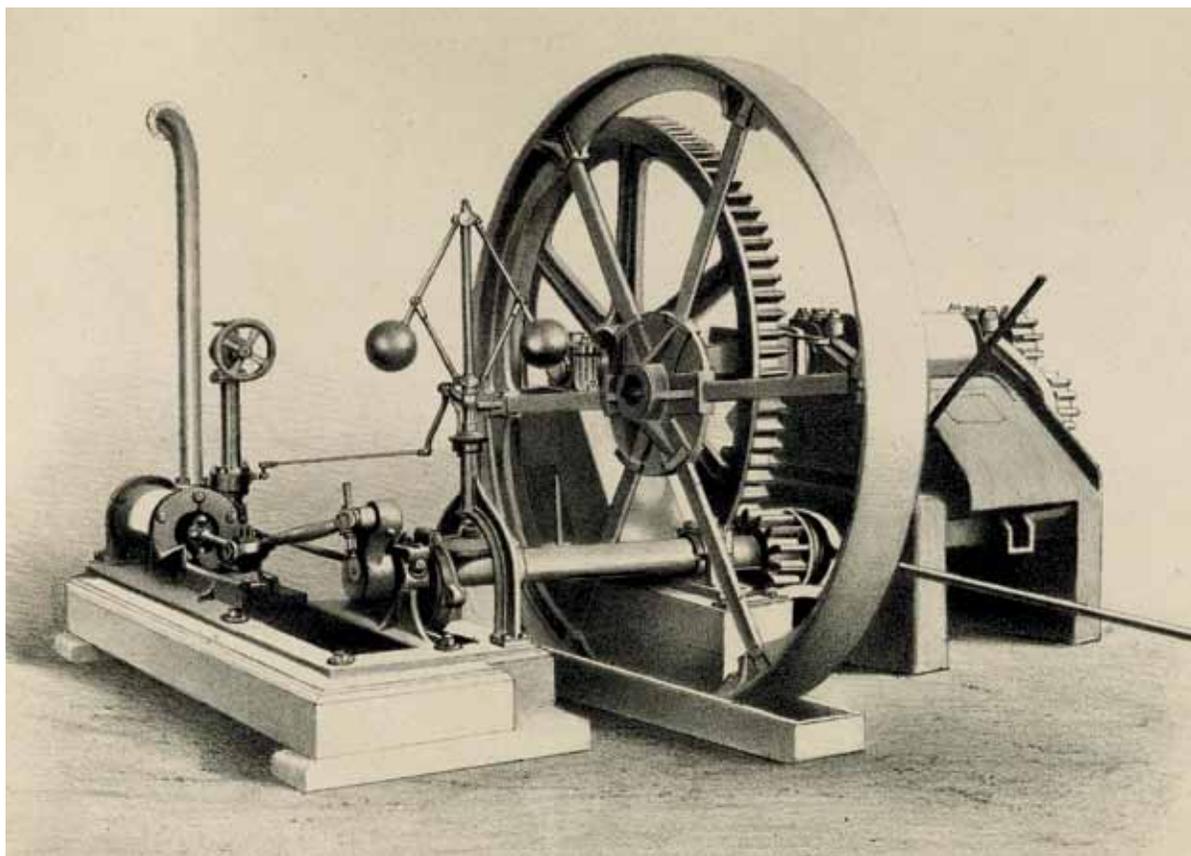
Na Europa, mesmo com as fundações privadas ou usando modelos alternativos como o financiamento coletivo de projetos, as experiências indicam que o financiamento da divulgação científica depende, em grande parte, de agências públicas de fomento à pesquisa, segundo o especialista em ciência da comunicação Alexander Gerber, professor na Universidade Rhine-Waal, na Alemanha. Para ele, os recursos para a divulgação científica persistem como uma das responsabilidades dos sistemas públicos de pesquisa e educação.

Analisar os resultados efetivos das ações de difusão foi uma necessidade

apontada no estudo latino-americano. Segundo Gerber, essa lacuna pode ter relação direta com a falta de formação na área. Ele ressalta que muitas vezes as práticas não levam em conta o conhecimento acumulado no campo teórico da divulgação científica. “Por isso avaliar de fato o que está acontecendo no intercâmbio entre ciência e *stakeholders* (as partes interessadas) é algo extremamente complexo”, afirma. Isso ocorre inclusive na Alemanha, segundo Gerber. “Avaliação é uma atividade de pesquisa aplicada e deve envolver métodos, expertises para fazê-la, idealmente em combinação com alguma participação externa”, conclui. ■

Livro

PATIÑO BARVA, M. L., PADILLA GONZÁLEZ, J., MASSARANI, L. **Diagnóstico de la divulgación de la ciencia en América Latina: Una mirada a la práctica en el campo.** León: Fibonacci – Innovación y Cultura Científica, A. C., RedPOP, 2017, 144 p.



Máquina de ferro a vapor para moer e extrair caldo de cana

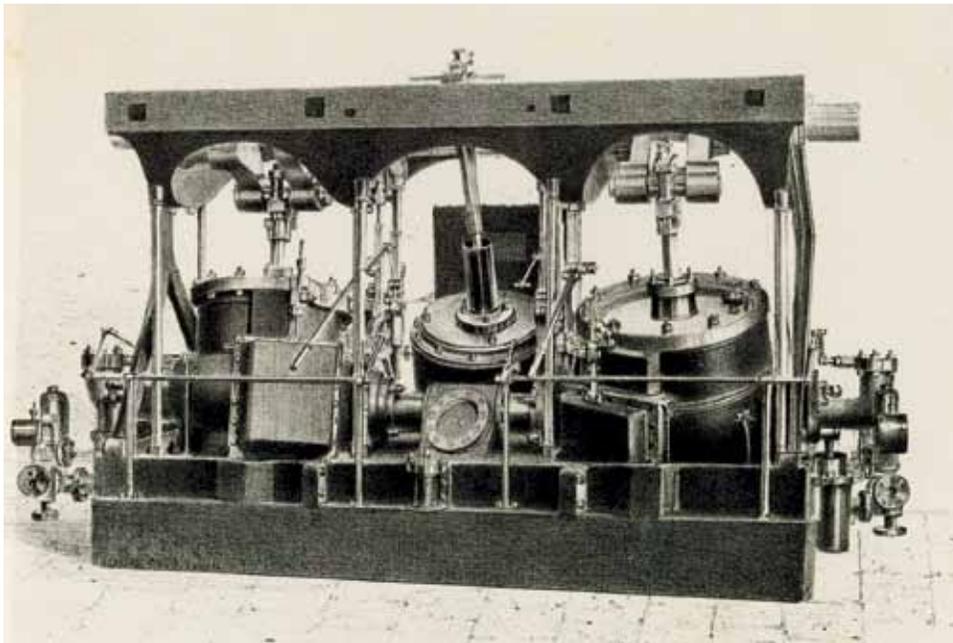
Inovação nos tempos do Império

Primeira lei de patentes ajudou a estimular a atividade inventiva no Brasil no início do século XIX

Rodrigo de Oliveira Andrade

A vinda da família real em 1808 para o Brasil colocou o país no centro das decisões políticas da corte portuguesa, que adotou uma série de medidas de incentivo ao desenvolvimento industrial e econômico de sua principal colônia. Entre as ações estava a permissão para a instalação de fábricas, manufaturas e empresas, além de um alvará tratando da questão do privilégio industrial aos inventores e introdutores de novas máquinas no país. O documento, inspirado em leis da Inglaterra e dos Estados Unidos, fez do Brasil uma das primeiras nações a conceder direitos a inventores, abrindo caminho para que mais tarde fosse regulamentada uma legislação específica sobre patentes.

Promulgada em agosto de 1830, a lei é resultado de uma articulação encabeçada pelo engenheiro Manoel Ferreira da Câmara Bittencourt (1762-1835). Nascido em Santo Antônio de Itacambira, em Minas Gerais, Bittencourt mudou-se para Portugal em 1783 para estudar leis e filosofia



Modelo de máquina a vapor desenvolvido no arsenal da Marinha

natural na Universidade de Coimbra. Graduou-se em 1787, mas não voltou imediatamente ao Brasil. Permaneceu na Europa, onde foi eleito membro de associações científicas como a Academia Real das Ciências de Lisboa e a Real Academia de Ciências de Estocolmo, Suécia. Retornou ao Brasil em 1808 para administrar a Real Extração de Diamantes. Enveredou-se pela política, tornou-se deputado constituinte e, em 1827, senador. É de sua autoria o projeto de regulamentação da norma sobre privilégios industriais, apresentado em julho de 1828.

O projeto, depois transformado em lei, regulamentou os direitos de patentes no Brasil antes mesmo de Portugal, que só o fez em 1837. “Tratava-se de uma legislação inovadora para a época”, comenta o historiador da ciência João Carlos Vannucci, do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), no Rio de Janeiro. “Poucos países dispunham de um arcabouço

Lei brasileira regulamentou os direitos de patentes no país em 1830, antes mesmo de Portugal, que só o fez em 1837



Máquina taquigráfica criada pelo padre Francisco João de Azevedo

institucional de proteção de direitos intelectuais.” Apenas Inglaterra, Estados Unidos, França, Rússia, Prússia, Bélgica, Países Baixos e Espanha tinham leis de patentes em vigor.

A lei brasileira pretendia promover o desenvolvimento local de novas máquinas e processos, bem como a introdução de empresas estrangeiras no país. Os pedidos eram depositados no Arquivo Público. Exigia-se que fossem acompanhados de desenhos, memórias ou modelos que ajudassem a explicar o invento. Em seguida, eram submetidos à análise de avaliadores da Junta Real de Comércio, Agricultura, Fábricas e Navegação. Em outros casos, eram enviados à Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, sociedade civil de direito privado fundada em 1831 com o objetivo de fomentar a indústria brasileira. Após uma avaliação inicial, as máquinas e processos eram submetidos a exames mais detalhados para comprovação de sua

novidade e utilidade. A patente era concedida gratuitamente ao primeiro a inventar algo. Poderia ter duração de cinco a 20 anos, dependendo de sua importância, sendo que o inventor poderia perder os direitos sobre sua criação caso não a introduzisse no mercado em até dois anos ou se já tivesse obtido uma patente no exterior pela mesma invenção.

“A lei era bastante exigente em termos de novidade”, conta a economista Andrea Felipe Cabello, do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (UnB). Vários países que dispunham de uma lei de patentes concediam direitos de propriedade industrial para cópias ou adaptações de máquinas ou processos patenteados em outros países. “No Brasil isso não era possível”, ela afirma. Andrea e o também economista Luciano Costa Póvoa, consultor legislativo do Senado Federal, fizeram uma análise econômica da primeira lei de patentes brasileira a partir do estudo de 783 patentes concedidas entre 1830 e 1882 no Brasil. A avaliação desses documentos lhes permitiu entender como a atividade inventiva reagiu à instituição de uma lei de patentes no país.

A atividade de patenteamento teve início lento, com poucas patentes concedidas nos primeiros 30 anos de vigência da lei. A situação mudou a partir de 1870, com o

início da industrialização, a expansão da cafeicultura e a escassez de mão de obra no campo. “Quase 80% das patentes do século XIX foram concedidas após 1870, também em razão do crescente interesse de estrangeiros em proteger suas invenções no Brasil”, afirma Póvoa.

Segundo ele, a atividade inventiva estava conectada à estrutura econômica e social do Brasil, de modo que a escassez de mão de obra estimulou a invenção de muitas máquinas e equipamentos para o setor agrícola, sobretudo no âmbito da atividade cafeicultora, com equipamentos para limpar, descascar e secar os grãos. Muitos requerimentos de patentes foram publicados em *O auxiliador da indústria nacional*, da Sociedade Auxiliadora. Foram justamente esses os documentos analisados por Vannucci em seu doutorado, defendido em 2016 no Programa de Estudos Pós-graduados em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).

Sob orientação do físico e historiador da ciência José Luiz Goldfarb, do Centro Simão Mathias da PUC-SP, Vannucci analisou 62 requerimentos publicados em *O auxiliador* entre 1833 e 1862, como carros movidos a vapor, máquinas para fabricar gelo, extrair caldo de cana, torrar farinha de mandioca e filtrar água. Por meio da análise desses documentos é possível ter uma ideia de como a técnica

Bomba de incêndio concebida pela Companhia de Iluminação de Gás do Rio de Janeiro



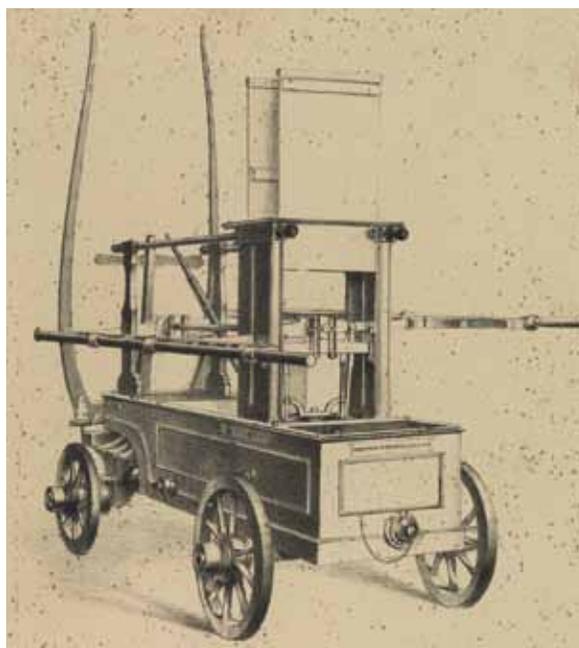
Escola Central do Largo São Francisco, sede da Primeira Exposição Nacional de Produtos Naturais e Industriais, onde hoje funciona o Instituto de Filosofia e Ciências Sociais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Escassez de mão de obra estimulou a invenção de equipamentos para o setor agrícola

e a ciência se desenvolviam no Brasil. “Nota-se que os analistas de patentes tinham amplo conhecimento técnico, oferecendo respostas convincentes, baseadas em teorias científicas da época, mesmo aos pedidos submetidos por estrangeiros”, ele explica.

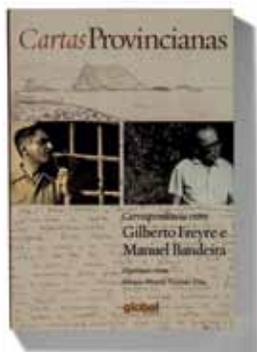
Muitas invenções foram apresentadas na Primeira Exposição Nacional de Produtos Naturais e Industriais, promovida

em 1861, no Rio de Janeiro. A exposição pretendia mostrar ao mundo os progressos técnicos e científicos alcançados pelo país com sua incipiente atividade industrial. O evento foi um sucesso de público, segundo a imprensa da época. Durante seus 46 dias de duração, cerca de 50 mil pessoas visitaram a exposição no prédio da Escola Central do Largo São Francisco. Dentre as principais invenções apresentadas, destaca-se a chamada máquina de taquigrafia, concebida pelo padre paraibano Francisco João de Azevedo (1814-1880), precursora da máquina de escrever moderna (ver Pesquisa FAPESP nº 66). Havia também objetos de grandes dimensões, como uma bomba de incêndio, exposta pela Companhia de Iluminação de Gás do Rio de Janeiro, e um modelo de locomotiva, desenvolvida no Estabelecimento de Fundação e Estaleiros da Ponta d’Areia, em Niterói, também no Rio. ■



Diálogo intermitente

Emerson Tin



Cartas provincianas: Correspondência entre Gilberto Freyre e Manuel Bandeira
Silvana Moreli Vicente Dias (org.)
Global Editora
472 páginas | R\$ 69,00

Cartas se caracterizam por serem textos efêmeros, inscritas no tempo de sua produção e escritas, muitas vezes, no papel que se tem à mão. Por isso, frequentemente, salvo um esforço dos próprios missivistas ou de terceiros, preocupados em preservá-las, facilmente desaparecem, seja pelo corriqueiro de seu conteúdo, seja pela sua fragilidade material. Nem sempre é assim, porém.

Temos assistido, nestas duas décadas do século XXI, a um grande interesse pelas chamadas *écritures du moi* (“escritas do eu”, na expressão de Georges Gusdorf): nunca se estudaram tantas memórias, diários, cartas, quanto nesses últimos tempos. Publicações de memórias, diários, cartas sempre houve. Estudos, no entanto, que os enxergassem como objetos de pesquisa, e não como auxiliares para a interpretação da obra de um escritor, como protagonistas, e não como coadjuvantes, eram raros.

Nesse sentido, engana-se quem abre o volume *Cartas provincianas: Correspondência entre Gilberto Freyre e Manuel Bandeira*, recém-lançado pela Global Editora, e julga deparar-se apenas com um livro de cartas. Sim, é um livro de cartas, que reúne “68 peças, sendo 14 de autoria de Gilberto Freyre e 54 de Manuel Bandeira”, mas não é só isso. Organizado e exaustivamente anotado por Silvana Moreli Vicente Dias, o livro vai além de uma mera correspondência anotada (o que já seria um trabalho e tanto). A organizadora preocupou-se em contextualizar cada uma das 68 cartas, em um trabalho cuidadoso e pormenorizado de reconstituição das condições de produção de cada uma delas, um verdadeiro resgate. Fruto de sua pesquisa de doutorado desenvolvida na Universidade de São Paulo, é exemplo perfeito a ilustrar o interesse que se tem visto, nos últimos anos, em relação à produção epistolar brasileira.

O livro vem dividido em quatro grandes blocos. Em “Correspondências provincianas: Aproximações”, a organizadora aponta aos leitores as linhas gerais que nortearam a compilação do volume. No segundo capítulo, “Correspondência entre Gilberto Freyre & Manuel Bandeira”, explicita os critérios da edição, antes de o leitor adentrar a correspondência propriamente dita, que mereceu mais de 700 notas, que se distribuem entre “notas de edição” e “comentários exege-

ticos”. Em “Textos seletos de Gilberto Freyre e Manuel Bandeira”, encontram-se reunidas produções de ambos os missivistas, produções que dialogam com as cartas que as precedem e lhes completam o sentido. O capítulo 4, “Leituras da Província”, por fim, tem o objetivo de alinhar “dados dispersos nos capítulos 2 e 3” por meio de “ensaios críticos elaborados de modo a ressaltar diversas facetas do diálogo” estabelecido entre Freyre (1900-1987) e Bandeira (1886-1968).

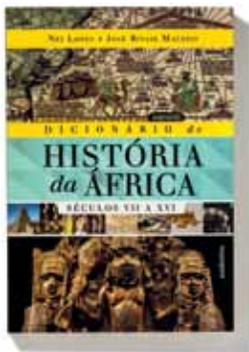
O esforço exegetico da organizadora se justifica: a troca epistolar entre os dois pernambucanos é não apenas assimétrica (se se leva em consideração que existem 14 cartas de Freyre para 54 de Bandeira), mas intermitente, sendo, salvo em curtos períodos em que se torna um pouco mais assídua (como entre os anos de 1934 e 1936), amiúde interrompida e retomada meses (ou anos) depois. Assim, o diálogo estabelecido entre as cartas e demais produções de ambos os escritores, acompanhado de rica iconografia, permite, se não o preenchimento completo do vácuo entre uma carta e outra, que a passagem entre elas se faça de maneira menos abrupta. Ao mesmo tempo, os comentários exegeticos presentes em rodapé, para além de informações de caráter enciclopédico (por exemplo, notas biobibliográficas sobre as personalidades mencionadas na correspondência), situam o seu objeto na produção dos missivistas, por meio de trechos garimpados na vasta obra de ambos. É o que se vê em notas como a dedicada a Carlos Drummond de Andrade, em que, após informações de caráter biobibliográfico, a organizadora cita ensaio de Bandeira sobre o poeta de Itabira, assim como uma carta inédita de Freyre a ele endereçada, que “mostra, por sua vez, como Freyre procurava cultivar esta amizade”.

Cartas provincianas está ao lado, certamente, dos mais sérios estudos sobre correspondência que têm surgido nos últimos anos. Interessará não somente aos pesquisadores da obra de ambos os escritores, mas também aos interessados na cultura brasileira e, particularmente, na pesquisa epistolográfica.

Emerson Tin é docente das Faculdades de Campinas (Facamp). Traduziu e analisou os tratados que compõem *A arte de escrever cartas: Anônimo de Bolonha, Erasmo de Rotterdam, Justo Lipsio* (Editora da Unicamp, 2005).

Um exercício de justiça

Omar Ribeiro Thomaz



Dicionário de história da África – Séculos VII a XVI
Nei Lopes e José Rivair Macedo
Autêntica
319 páginas | R\$ 59,80

“... Não vejo necessidade de qualquer povo provar, a outro povo, que construiu catedrais ou pirâmides para ter direito à paz e à segurança. Assim sendo, não é necessário que o povo negro invente um grandioso e fictício passado para justificar sua existência e sua dignidade humana de hoje. O que os negros precisam fazer é recuperar o que lhes pertence – sua história – e narrá-la eles mesmos.”

CHINUA ACHEBE

A afirmação do nigeriano Chinua Achebe, presente no texto “Dizendo nosso verdadeiro nome”, está no livro *A educação de uma criança sob o protetorado britânico – Ensaios* (Companhia das Letras, 2012). Achebe é um dos grandes escritores do século XX, e aponta para a empreitada que se impõe aos africanos e à diáspora, a de assegurar sua dignidade presente recuperando sua história.

No contexto brasileiro, a sentença do autor africano ganha ares de urgência. Por essa razão, devemos celebrar a publicação do *Dicionário de história da África – Séculos VII a XVI*, de autoria do compositor, intérprete e estudioso das culturas africanas na África e na diáspora Nei Lopes e do historiador José Rivair Macedo, coordenador do Núcleo de Estudos Afro-Brasileiros, Indígenas e Africanos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O volume dá continuidade ao *Dicionário da antiguidade africana*, de Lopes, e cobre o período que vai da expansão árabe-islâmica no norte do continente à virada dos séculos XV e XVI entre transformações de grandes poderes na África mediterrânea e o início do tráfico atlântico para o Novo Mundo. O dicionário enfrenta assim um escopo cronológico outro, aquele que não introduz a África e os africanos na história como consequência de grandes marcos europeus, tais como a conquista da América, ou a expansão imperial europeia no continente africano entre finais do século XIX e início do século XX. E mais: a África entra aqui toda inteira, superando o *branqueamento* a que foi submetida a África Mediterrânea em oposição ao que se popularizou como “África Negra” – expressão que não resiste a uma análise histo-

riográfica rigorosa, como fica claro no verbete correspondente.

Nos verbetes referentes a cada uma das regiões históricas e etnográficas africanas no período que vai do século VII ao século XVI, fica claro que se trata de um continente cujas populações se entremesclam como consequência de processos migratórios e de intercâmbio material e simbólico. Incorporar um verbete para cada uma das unidades contemporâneas africanas não só evidencia o caráter histórico recente das fronteiras políticas atuais como conecta a história desses territórios a momentos anteriores à emergência do mundo moderno.

Os verbetes discorrem, assim, por territórios, regiões, personagens, períodos, povos, etnias, estados, eventos e não só: enfrentam conceitos como os de “autoridade” ou “Estado”, ou termos como “fontes históricas” ou “fronteira”, procurando enfatizar seu sentido tendo como referência a história da África. Termos cruciais para a compreensão da história africana, como “presídio” ou “griô”, complexificam o universo de verbetes que faz do dicionário um instrumento importante para o historiador, o professor ou o estudante de história. Uma ampla e útil bibliografia para todos os interessados na história do continente africano conclui o volume que se ressent, talvez, da ausência de mapas que, esperamos, venham a compor uma próxima edição.

Não há propriamente uma tradição de dicionários e enciclopédias históricas no campo editorial brasileiro, na contramão de outros contextos como o britânico ou o português, onde constituem um gênero que traduz verdadeiros debates historiográficos – pensemos apenas na *Africana: The encyclopedia of the african and african american experience*, editada por Anthony Appiah e Henry Louis Gates (2003). A publicação do *Dicionário de história da África – séculos VII a XVI* revela um momento decisivo de um extraordinário esforço daqueles que se dedicam aos processos próprios desse continente entre nós e corresponde ao que se espera da melhor historiografia: erudição, bela escrita e um exemplo de justiça.

Omar Ribeiro Thomaz é professor do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Unicamp e pesquisador da história social da África.



QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

Impactos de uma nova realidade de trabalho

Expansão da Indústria 4.0 deverá criar novas demandas de formação no Brasil

A chamada Indústria 4.0 engloba uma ampla variedade de inovações tecnológicas aplicadas à manufatura. Estima-se que nos próximos anos essa tendência atue na criação de novos modelos de negócios, com fábricas inteligentes, baseadas na automação e digitalização dos processos de produção e no uso e análise de grandes quantidades de dados (ver reportagem na página 24). A incorporação desse conceito como parte dos processos industriais no Brasil deverá exigir a formação de indivíduos com habilidades técnicas e interpessoais específicas. Estar atento aos impactos dessas mudanças pode ajudar os atuais e futuros profissionais a se antecipar às demandas dessa nova realidade.

O conceito de Indústria 4.0 surgiu na Alemanha em 2011 como um projeto de iniciativa estratégica

do governo para promover a automatização da manufatura e aumentar a produtividade das linhas de produção. Espera-se que, com a incorporação desse conceito, os trabalhos manuais e repetitivos sejam progressivamente substituídos por mão de obra automatizada. As máquinas serão equipadas com sistemas e sensores inteligentes que irão informar como elas devem operar em cada estágio do processo de manufatura, transmitindo os dados às centrais de análise das empresas.

“Esse fenômeno criará novas demandas de pesquisa e desenvolvimento, oferecendo oportunidades para profissionais tecnicamente capacitados, capazes de trabalhar com diferentes tipos de tecnologias”, afirma o engenheiro de sistemas Paulo Eigi Miyagi, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

(Poli-USP). Ele explica que a nova realidade de trabalho que desponta com a evolução da Indústria 4.0 – ou manufatura avançada, como é conhecida fora da Alemanha – demandará profissionais com senso de urgência, flexibilidade e capacidade de desenvolver soluções inovadoras a partir da convergência de conhecimentos diversos.

Ainda segundo Miyagi, a formação específica continuará sendo valorizada. No entanto, os futuros profissionais terão de ser capazes de integrar conceitos de outras áreas em sua atividade profissional. Também a disseminação de sistemas inteligentes instalados nas máquinas permitirá aos funcionários interferir a distância no andamento dos processos de produção. “Os sistemas de controles industriais serão descentralizados, de modo que será

comum um grupo de profissionais ser responsável por todo o processo de manufatura, e não por apenas uma parte específica da linha de montagem”, diz. Isso desencadeará mudanças nas dinâmicas de trabalho. Para Miyagi, à medida que o acesso às informações sobre esses processos seja feito por dispositivos móveis, a qualquer hora e em qualquer lugar, a tendência é de que os funcionários sejam notificados para fazer o acompanhamento e modificar esses processos sempre que necessário, o que lhes demandará mais flexibilidade em relação à sua jornada de trabalho.

Na avaliação do engenheiro mecânico Marcosiris Amorim de Oliveira Pessoa, também da Poli-USP, todas as áreas do conhecimento serão impactadas com a expansão da Indústria 4.0. No entanto, as engenharias se destacam. Algumas universidades já trabalham na readequação de seus currículos. A própria Poli-USP pretende criar um novo curso, chamado engenharia da complexidade, para formar profissionais capazes de desenvolver estratégias voltadas à concepção de produtos, processos produtivos e atividades de inovação e de pesquisa a partir de abordagens multidisciplinares (ver Pesquisa FAPESP nº 253).

De acordo com o relatório *Future of Jobs and Skills*, do Fórum Econômico Mundial, outras áreas também deverão se tornar mais importantes nos próximos anos. Uma delas é a de analista de dados, que ajudará as empresas a avaliar a enorme quantidade de informações e, assim, oferecer suporte à gestão de suas estratégias de negócios. Já os coordenadores de robótica serão responsáveis por supervisionar o funcionamento dos robôs, atuando na manutenção preventiva dessas máquinas. Também os representantes de vendas deverão ganhar destaque. “Como as empresas estarão com ofertas de produtos e serviços mais especializados, seus profissionais terão de conhecer a natureza técnica e inovadora dos produtos



que irão vender”, diz Clemente Hungria, da empresa AGR Consultores.

Para Miyagi, os indivíduos preocupados em se antecipar a essas e outras novas demandas de trabalho podem recorrer à formação acadêmica nas áreas de engenharia mecatrônica e computação, que proporcionam o domínio teórico e prático de operação de sistemas fundamentais na Indústria 4.0. Já estudantes que pretendem ingressar no ensino técnico podem procurar os cursos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), que já há alguns anos se

debruçam sobre a Indústria 4.0 e estão familiarizados com o tema.

Para quem deseja fazer graduação, o ideal seria procurar instituições que, como o IFSP e o Senai, tenham experiência prévia em áreas associadas à Indústria 4.0. Para achá-las, Pessoa cruzou informações de trabalhos científicos que tratam de aspectos da manufatura avançada na base de dados Scopus com a de pesquisadores e universidades ou institutos de pesquisa aos quais estavam ligados. Verificou que os cursos mais indicados são os de engenharia mecatrônica da Poli-USP, de engenharia de produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e de tecnologia em análise e desenvolvimento de sistemas do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), entre outros. Os que não têm como ingressar em alguma dessas instituições podem procurar outras, menos tradicionais, desde que ofereçam cursos ligados à Indústria 4.0.

Segundo Miyagi, o impacto da manufatura avançada também alcançará as humanidades, abrindo caminho para novos campos de pesquisa voltados à análise das novas relações sociais e de trabalho. Para Pessoa, o importante é o indivíduo identificar o campo que mais lhe atrai e depois se aprofundar no assunto. ■

Rodrigo de Oliveira Andrade



Projeto estimula uso do Instagram por cientistas

Aos olhos de muitas pessoas, os cientistas são indivíduos sérios e pouco sociáveis.

Na tentativa de desconstruir essa imagem, a neurocientista Samantha Yammine, da Universidade de Toronto, no Canadá, e a engenheira agrícola Paige Jarreau, da Universidade de Louisiana, nos Estados Unidos, lançaram um projeto para humanizar os cientistas por meio de fotos publicadas no Instagram, uma popular rede social.

A ideia do Scientist Selfies! é que pesquisadores postem fotos amigáveis em diferentes contextos científicos, de modo a mudar a percepção que se tem sobre a ciência.

Com base na experiência, as pesquisadoras reuniram dicas de como usar o Instagram para divulgar suas pesquisas.

Segundo elas, é importante investir em conteúdos originais para atrair pessoas que talvez não tenham interesse por assuntos de ciência. Fotos criativas, em ambientes instigantes, com uma boa descrição na legenda, chamam mais a atenção e favorecem uma melhor compreensão de informações por parte dos seguidores.

Elas também sugerem publicar fotos com pessoas, mesmo que a pesquisa não as envolva diretamente, fazendo com que as histórias sobre as pesquisas se tornem também histórias sobre indivíduos. Além de aumentar as chances de a foto ser compartilhada, isso ajuda a aproximar os seguidores de suas jornadas, à medida que as vivenciam, no laboratório e no campo. Para saber mais, acesse o perfil oficial do projeto @scientistselfies. ■ R.O.A.

PERFIL

Afinação concluída

Gabriel Victora deixou a carreira de pianista para se dedicar à imunologia e hoje lidera equipe na Universidade Rockefeller



ARQUIVO PESSOAL

Gabriel Victora estava prestes a terminar o ensino médio quando seu pai, Cesar Victora, destacado epidemiologista da Universidade Federal de Pelotas (UFPe),

no Rio Grande do Sul, foi trabalhar no Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), em Nova York, Estados Unidos. Gabriel tinha 16 anos e decidiu acompanhar o pai. Como havia estudado piano em Pelotas e Porto Alegre, tentou a sorte nos conservatórios de música de Nova York. Foi aceito em vários, mas resolveu entrar no conceituado Mannes College of Music.

Iniciou a graduação em música em 1994, concluindo-a em 1998, mesmo ano em que ingressou no mestrado, também no Mannes. Tornou-se pianista profissional. “Fiz alguns recitais no Carnegie Hall, em Nova York, e no Teatro Municipal de São Paulo, além de apresentações com a Orquestra Sinfônica de Porto Alegre”, lembra. Com o tempo, no entanto, a rotina de concertista começou a desestimulá-lo. Resolveu procurar outra atividade.

Começou a trabalhar como tradutor de artigos de epidemiologia para o grupo do pai na UFPe e, mais tarde, também para outros grupos de pesquisa do Brasil. Com o tempo, ganhou experiência, tornando-se um dos tradutores oficiais da edição bilíngue da *Revista de Saúde Pública*, da Universidade de São Paulo (USP). Como o interesse pela área de imunologia crescia, seu pai sugeriu uma conversa com o imunologista Jorge Kalil, pesquisador da Faculdade de Medicina (FM) da USP

e colega dos tempos de graduação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Desse contato veio o convite para fazer um estágio no Laboratório de Imunologia do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da FM-USP.

O estágio o levou a um novo mestrado, em imunologia, no Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP, iniciado em 2004. Próximo de concluir o mestrado, Gabriel participou de um congresso da Sociedade Brasileira de Imunologia, onde conheceu Anjana Rao, do Instituto de La Jolla para Alergia e Imunologia, em San Diego, Califórnia. “Conversamos sobre eu fazer o doutorado nos Estados Unidos”, conta. “Inscrevi-me em vários programas, mas só a Universidade de Nova York (NYU) teve coragem de oferecer uma vaga a um músico, sem formação em biologia ou medicina”, brinca.

Em 2006, Gabriel iniciou o doutorado no laboratório de Mike Dustin, da NYU. “Estudei como os linfócitos B amadureciam e geravam anticorpos mais efetivos à medida que a infecção progredia.” Um dos resultados da tese foi um artigo publicado na revista *Cell*. A partir daí Gabriel passou a receber ofertas para criar seu próprio laboratório. Uma delas veio do Instituto Whitehead, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Ele aceitou, e trabalhou por quatro anos como chefe de um grupo de pesquisa por lá. Em 2016 recebeu outras duas propostas: do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech) e da Universidade Rockefeller. “Escolhi voltar para a Rockefeller, onde eu sempre quis estar”, afirma. Aos 40 anos, ele hoje lidera uma equipe de 11 pesquisadores no Laboratório de Dinâmica de Linfócitos. ■ R.O.A.

Pesquisa Brasil

Toda sexta-feira, das 13 às 14h, você tem um encontro marcado com a ciência na Rádio USP FM. Com reprise no sábado às 18h e quinta-feira às 2h.

Pesquisa Brasil traz notícias e entrevistas sobre ciência, tecnologia, meio ambiente e humanidades. Os temas são selecionados entre as reportagens da revista **Pesquisa FAPESP**

A cada programa, três pesquisadores falam sobre o desenvolvimento de seus trabalhos recentes e ajudam a escolher a programação musical

Você também pode baixar e ouvir o programa da semana e os anteriores na página de **Pesquisa FAPESP** na internet (www.revistapesquisa.fapesp.br)

Sintonize em

São Paulo
93,7 MHz

Ribeirão Preto
107,9 MHz

Pesquisa
BRASIL

(uspfm)))

AS ENTREVISTAS ICÔNICAS QUE MARCARAM OS 20 ANOS DE HISTÓRIA DA CULT REUNIDAS EM UM LIVRO IMPERDÍVEL

DÉCIO DE ALMEIDA PRADO
HILDA HILST
HAROLDO DE CAMPOS
JOSÉ SARAMAGO
JOSÉ PAULO PAES
LYGIA FAGUNDES TELLES
SEBASTIÃO UCHOA LEITE
ROBERTO PIVA
WALY SALOMÃO
FERREIRA GULLAR
LARS VON TRIER
CLAUDE LÉVI-STRAUSS
NOAM CHOMSKY
ISTVÁN MÉSZÁROS
NAOMI KLEIN
ANDRÉ COMTE-SPONVILLE
ZYGMUNT BAUMAN
NICOLAU SEVCENKO
EDUARDO VIVEIROS DE CASTRO
MANOEL DE BARROS
MARILENA CHAUI
JUDITH BUTLER
VLADIMIR SAFATLE
ANTONIO NEGRI
MANO BROWN
JACQUES RANCIÈRE
FREI BETTO
CELSO LAFER
MARIA RITA KEHL
PAULO MENDES DA ROCHA

