

Pesquisa

FAESP

JANEIRO DE 2020 | ANO 21, N. 287

FAZENDAS CONECTADAS

Agricultura 4.0 eleva a produtividade do campo, mas esbarra na falta de conectividade no Brasil

Desmatamento e mudança climática fazem a Amazônia emitir mais CO₂ do que absorver

Tombado no Ceará campo de concentração que confinou retirantes da seca

Arqueóloga Anna Roosevelt fala da ocupação humana da América do Sul antes dos europeus

Há 60 anos, tratado entre países rege a pesquisa científica na Antártida

Unesp e UFABC figuram em ranking de universidades jovens, dominado por asiáticas

ROBÔ PARA REABILITAÇÃO

TOC

CIÊNCIA PARA TODOS

COMBATE À DENGUE

DEPRESSÃO EM IDOSOS

**VIVEMOS CERCADOS DE
EXPERIMENTOS CIENTÍFICOS!**

ASSISTA À NOVA SÉRIE, QUE CONECTA O UNIVERSO DA
PESQUISA AO DIA A DIA DA POPULAÇÃO BRASILEIRA

CIÊNCIA PARA TODOS
SEGUNDAS, ÀS 20H30, NO FUTURA

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

REALIZAÇÃO

FAPESP
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA
DO ESTADO DE SÃO PAULO

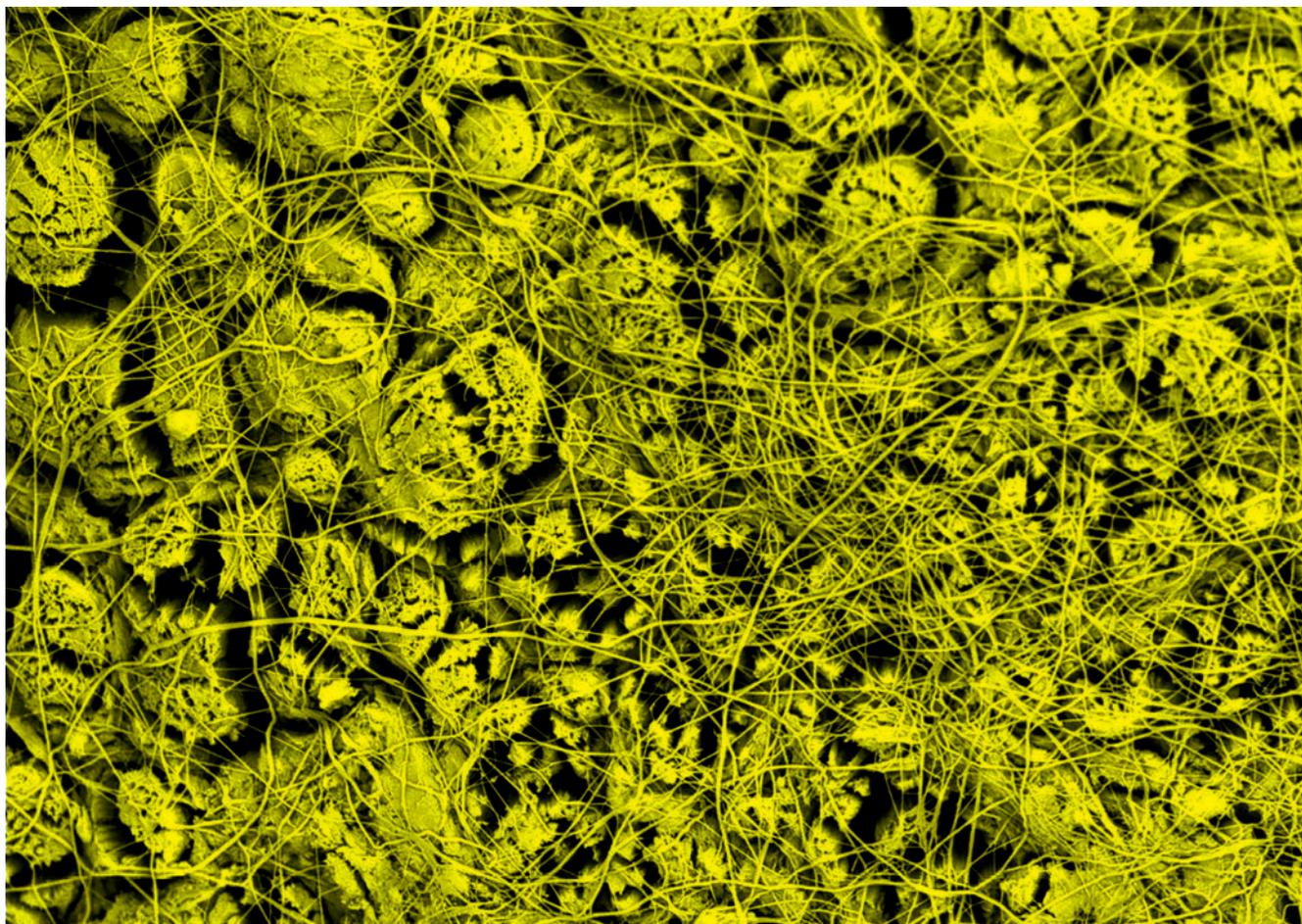
FM
FUNDAÇÃO
ROBERTO MARINHO

futura

L

Livre para todos os públicos

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



Pele tecnológica

Quem tiver a rara oportunidade de acariciar um tubarão notará que a pele é lisa no sentido da cabeça à cauda e áspera ao contrário. Trata-se de dentículos dérmicos que protegem o animal e lhe dão hidrodinâmica. A microscopia eletrônica de varredura mostra no interior da pele – neste caso da espécie *Squatina guggenheim* – um emaranhado de estruturas e fios mineralizados que ancoram os dentículos. Esse conhecimento contribui para o desenvolvimento de trajes para nadadores, que chegam a ser considerados *doping* tecnológico.

Imagem enviada por Marcela Viliod, estudante de graduação em educação física no Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Rio Claro



- 3** FOTOLAB
- 6** COMENTÁRIOS
- 7** CARTA DA EDITORA
- 8** NOTAS

CAPA

- 12** Uso de recursos da agricultura 4.0 aumenta a produtividade e melhora a sustentabilidade no campo
- 21** Startups reforçam inovação no setor agropecuário
- 24** Soluções tecnológicas de última geração alteram o perfil do setor rural
- 26** Censo do IBGE traça retrato do Brasil agrário
- 28** Especialista do agronegócio, Silvio Crestana defende investimento em tecnologia

ENTREVISTA

- 30** Arqueóloga norte-americana Anna Roosevelt reinterpretou a ocupação da Amazônia

POLÍTICA C&T

- 36** Ranking de jovens universidades é dominado por instituições da Ásia
- 40** Economista Fernanda de Negri apresenta centro de estudos sobre o impacto da ciência
- 43** Concurso premia vídeos de alunos de escolas públicas de São Paulo
- 46** Plataforma permite busca a dados de pesquisas feitas em instituições paulistas

CIÊNCIA

- 48** Entre 2010 e 2017, a Amazônia emitiu mais carbono do que absorveu
- 52** Chuvas torrenciais se concentraram ao norte do rio Doce na última Era do Gelo
- 56** Aceleradores de partículas do Sirius fazem primeiro teste
- 58** Estudos dimensionam o erro médico e sugerem como evitá-lo

TECNOLOGIA

- 62** Inteligência artificial pode ser parcial e fortalecer comportamentos indesejáveis

- 68** Farmacologista João Batista Calixto dedica a vida a criar medicamentos

HUMANIDADES

- 72** Roteiros turísticos combinam C&T e exploração de novas paisagens
- 80** Locais de interesse científico para serem visitados
- 82** Pesquisadores e movimentos sociais asseguram tombamento de campo de concentração no Ceará

86 MEMÓRIA

Tratado rege a ocupação e a pesquisa na Antártida

90 BOAS PRÁTICAS

Instituições europeias contratam empresas para checar *papers*

93 DADOS

Financiamento à pesquisa em universidades nos EUA

94 RESENHA

Aspectos do folclore brasileiro, de Mário de Andrade.

Por Humberto Hermenegildo de Araújo

95 CARREIRAS

Prática de bullying durante graduação na área da saúde pode levar à depressão

À esquerda, agricultor checa no celular dados da plantação de cana no norte de São Paulo (CAPA, P.12)

Abaixo, Patagônia, que integra roteiros de interesse científico (TURISMO, P.72)



Leia no site todos os textos da revista em português, inglês e espanhol, além de conteúdo exclusivo

VÍDEO [YOUTUBE.COM/USER/PESQUISAFAPESP](https://www.youtube.com/user/pesquisafapesp)



▶ Os números da descrença — resistência à Ciência (EP2)

Crise de confiança suscita debate mundial sobre como enfrentar ataques ao conhecimento científico
bit.ly/igVResistenciaCienciaEp1



▶ Thoroh de Souza: O vozeirão do grafeno

Físico planejou o MackGraphe, centro de pesquisas criado para transformar ciência básica em produtos de alta tecnologia
bit.ly/igVThoroh

PODCAST [BIT.LY/PESQUISABR](https://bit.ly/pesquisabr)

ENTREVISTA:

DANIELLE BRUNA LEAL DE OLIVEIRA

A biomédica Danielle Oliveira, da USP, explica por que é importante melhorar a precisão do diagnóstico da infecção pelo vírus zika

bit.ly/igDanielleBLOliveira

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 assinaturas@pesquisa@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

Evangélicos

 Sou pesquisador da área das engenharias da Escola Politécnica da USP e crente evangélico de uma das denominações tradicionais. Sobre a reportagem “Fé pública” (edição 286), considero que os evangélicos são mais comprometidos com suas igrejas, como na participação de cerimônias, do que os católicos. Nos anos 1960, o clero católico estava interessado na opção preferencial pelos pobres, mas como era algo puramente intelectual, a classe pobre sentiu-se abandonada e procurou as igrejas evangélicas. A reportagem apresenta também igrejas evangélicas LGBT. As Escrituras condenam veementemente qualquer forma de relacionamento sexual que não seja entre homem e mulher.

Arthur Pinto Chaves

 Toda vez que a religião intervém na política a nação entra em trevas.

Elimarcos Hikake

 Grande parte do sucesso dos Estados Unidos e de algumas nações europeias se lastreia em suas devoções religiosas.

Eudes de Pádua Colodino

Impacto da pesquisa

 Leitura obrigatória (“Corrida para medir impacto”, edição 286). Medidas imprescindíveis e ousadas.

Bruno Hannud

Vídeos

 Ótimo resumo com dados relevantes sobre a onda de ataques e negacionismo da ciência

no Brasil e em outros países (“Os números da descrença – Resistência à ciência – ep. 2”).

Altay Lino de Souza

 A tendência é piorar. Infelizmente a descrença na ciência e a crença em superstições ainda assombram o pensamento das sociedades. E quando se anunciam cortes de verbas para a educação, seja ensino básico ou nível superior, e pesquisas, caminha-se para um caminho sem volta.

Fabio José Silva Rodolpho



Amazônia

 Será que é tão difícil entender que a Amazônia é um dos maiores patrimônios do Brasil? (“Crescer sem destruir”, edição 285) Até quando vamos conviver com o flagelo das queimadas criminosas?

Gustavo Schmidt

 Precisamos conhecer mais para falar da Amazônia. Parabéns pela reportagem.

Luciana Florencio de Almeida

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



A mais lida em dezembro no Facebook

CAPA
Fé pública

bit.ly/ig286evangelicos

LEO RAMOS CHAVES

 11.927 pessoas alcançadas

 84 reações

 7 comentários

 36 compartilhamentos

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Ronaldo Aloise Pili

CONSELHO SUPERIOR

Carmino Antonio de Souza, Ignácio Maria Poveda Velasco, João Fernando Gomes de Oliveira, Liedi Legi Bariani Bernucci, Marilza Vieira Cunha Rudge, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Vanderlan da Silva Bolzani

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO**DIRETOR-PRESIDENTE**

Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO

Carlos Henrique de Brito Cruz

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa



ISSN 1519-8774

CONSELHO EDITORIAL

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

COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Henrique Lopes dos Santos (*Presidente*), Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Carlos Américo Pacheco, Carlos Eduardo Negão, Douglas Eduardo Zampieri, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Francisco Antônio Bezerra Coutinho, Francisco Rafael Martins Laurindo, Herman Chaimovich, José Roberto de França Arruda, José Roberto Postali Parra, Lucio Anghes, Luiz Nunes de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Paula Montero, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Sérgio Robles Reis Queiroz, Wagner Caradori do Amaral e Walter Colli

COORDENADOR CIENTÍFICO

Luiz Henrique Lopes dos Santos

DIRETORA DE REDAÇÃO

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE

Neldson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política & T.*),

Glenda Mezarobba (*Humanidades*), Marcos Pivetta (*Ciência*), Carlos Fioravanti e Ricardo Zorzetto (*Editores especiais*), Maria Guimarães (*Site*), Yuri Vasconcelos (*Editor-assistente*)

REPÓRTERES Christina Queiroz, Rodrigo de Oliveira Andrade**REDATORES** Jayne Oliveira (*Site*) e Renata Oliveirado Prado (*Mídias Sociais*)

ARTE Claudia Warrak (*Editora*), Alexandre Affonso (*Editor de infografia*) Felipe Braz (*Designer digital*), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecília Felli (*Assistentes*)

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves**BANCO DE IMAGENS** Valter Rodrigues**RÁDIO** Sarah Caravieri (*Produção do programa Pesquisa Brasil*)**REVISÃO** Alexandre Oliveira e Margô Negro

COLABORADORES Anna Cunha, Eduardo Geraque, Humberto Hermenegildo de Araújo, Marcela Viloid, Renato Pedrosa, Sarah Schmidt, Sidnei Santos de Oliveira, Suzel Tunes

REVISÃO TÉCNICA Célio Haddad, Eduardo Góes Neves, Fabio Kon, Francisco Laurindo, José Roberto Parra, José Paulo Molin, Magda Carneiro Sampaio, Maria Beatriz Florenzano, Ricardo Hirata, Walter Colli

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

TIRAGEM 30.900 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, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

CARTA DA EDITORA

Cálcio no tomate

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

A evolução positiva das atividades agropecuárias no Brasil está diretamente relacionada com a pesquisa científica e tecnológica dedicada ao setor. O Instituto Agrônomo de Campinas foi criado em 1887, e a primeira dissertação de mestrado defendida no Brasil, em 1961, na atual Universidade Federal de Viçosa, teria sido na área de engenharia agrônoma, sobre os efeitos da irrigação e aplicação de cálcio sobre a incidência de podridão apical – uma doença de origem fisiológica – no tomate. Hoje, o uso de cálcio é prática comum nesse cultivo.

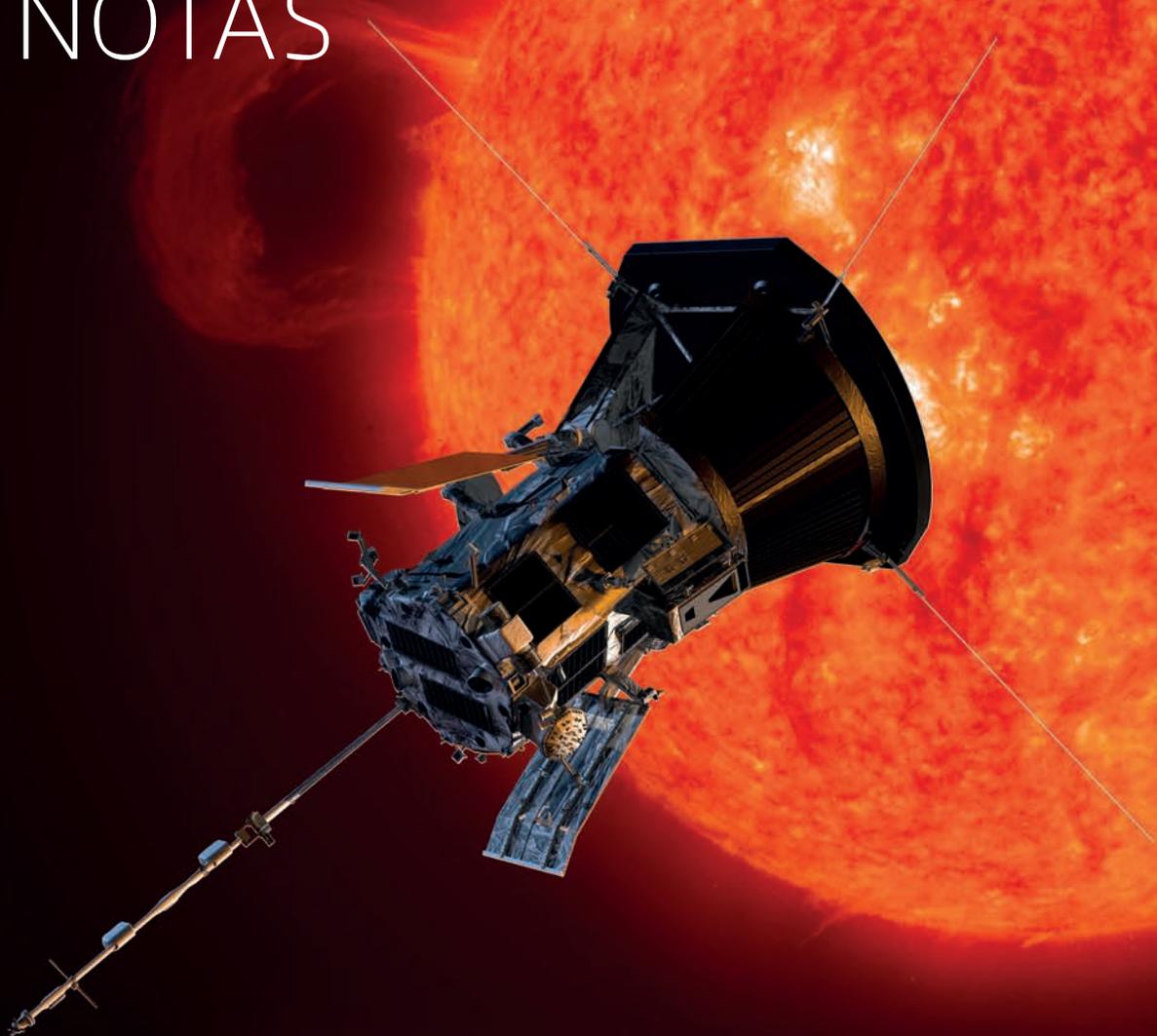
A atividade agropecuária evoluiu com contribuições essenciais de pesquisadores em diferentes frentes, como combate a doenças, desenvolvimento de cultivares e formas de tratamento de solos, e atualmente está na era da digitalização. A possibilidade de dispor de informações precisas que são coletadas, transmitidas e analisadas em tempo real permite um aumento de produtividade que também pode contribuir para a sustentabilidade do setor.

Ainda são diversos os desafios a serem enfrentados para tornar o agronegócio brasileiro mais sustentável e produtivo, beneficiando-se das tecnologias da chamada agricultura 4.0. Destacam-se dois: a conectividade do campo e a educação e qualificação das pessoas que exercem atividades nesse meio. Apesar de apresentar um avanço enorme, quando se compara o Censo Agropecuário do IBGE de 2006 e o de 2017, os dados mais recentes mostram que pouco mais de um quarto das propriedades rurais (27%) tem acesso à internet. Da perspectiva educacional, quase um quarto dos trabalhadores rurais (23%) não sabe ler ou escrever, o

que dificulta, por exemplo, a dosagem de um agrotóxico ou o manuseio de um sistema eletrônico. A agricultura 4.0 no Brasil atual e seus desafios são tema do conjunto de reportagens em destaque na capa desta edição (*página 12*).

O especial sobre o digital no campo, com 18 páginas, da primeira edição da revista no ano que se inicia, vem acompanhado de variedade geográfica, temporal e temática. A história dos 60 anos do tratado que estabelece os limites para a ocupação e a investigação científica da Antártida está resumida na seção Memória (*página 86*), enquanto a reportagem sobre turismo científico traz destinos que vão dos parques geológicos da China e do Araripe aos arquipélagos patagônicos (*página 72*). A concentração de chuvas no Norte e Nordeste do atual Brasil durante a última glaciação, entre 70 mil e 10 mil anos atrás, é objeto de pesquisa reportada à página 52. Voltando aos dias atuais, o ranking das 175 melhores universidades jovens do mundo divulgado em outubro pela *Nature Index* traz duas universidades brasileiras, a Unesp e a UFABC, ocupando respectivamente a 60ª e a 69ª posições (*página 36*).

Quanto à variação de temas, que sempre caracteriza *Pesquisa FAPESP*, nesta edição há uma importante discussão sobre o erro médico – a dimensão do problema e como ele é enfrentado pelas instituições envolvidas – na página 58; a terrível história dos campos de concentração criados no Ceará para os flagelados da seca nas primeiras décadas do século XX (*página 82*) e os vídeos inventivos criados por alunos do ensino médio sobre problemas de suas comunidades (*página 43*). Um ótimo ano a todos, com muita ciência e muito jornalismo.



Sonda revela origem dos ventos solares

Um pouco maior do que um carro, a sonda espacial Parker Solar Probe é o objeto construído pelo ser humano que chegou mais perto do Sol – e deve se aproximar ainda mais ao longo dos quase sete anos de missão. Lançada em agosto de 2018, a nave robotizada da agência espacial norte-americana (Nasa) já completou três das 24 órbitas previstas em torno da estrela. Nos momentos de maior proximidade, passou a 24 milhões de quilômetros do Sol, menos da metade da distância que o separa do planeta Mercúrio, o mais próximo. Parte dos dados coletados nas três aproximações já foi analisada e está ajudando a compreender alguns mistérios, como a razão de a parte mais externa da atmosfera – a coroa – ser milhares de vezes mais quente do que a superfície ou a origem dos ventos solares, o fluxo de partículas que emana do astro e viaja pelo espaço até muito além dos planetas mais distantes. Há tempos os pesquisadores sabem que o vento solar

tem 2 componentes: os ventos rápidos, que viajam a 700 quilômetros por segundo (km/s), e os lentos, que se deslocam a 500 km/s. Os dados da sonda confirmaram que os ventos rápidos são gerados por partículas que escapam por grandes buracos na coroa solar perto dos polos. Já os mais lentos, de origem até então desconhecida, emanam de buracos menores próximos ao equador da estrela (*Nature*, 4 de dezembro). A forma como são produzidos os ventos pode ajudar a entender por que a coroa é mais quente do que a superfície. A Parker Solar Probe indicou que as partículas do vento são ejetadas na forma de jatos, e não em um fluxo contínuo, como se imaginava. Essa liberação explosiva permitiria o acúmulo de energia na coroa. “Os primeiros dados da sonda Parker mostram nossa estrela, o Sol, de maneiras novas e surpreendentes”, disse Thomas Zurbuchen, administrador associado de ciências da Nasa em Washington, ao serviço de notícias da agência espacial.

Representação artística da sonda Parker Solar Probe, que deve estudar o Sol por quase sete anos

Para conhecer o genoma do brasileiro

Pesquisadores do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP), por meio da iniciativa DNA do Brasil, lançada em dezembro de 2019, pretendem mapear o genoma de 15 mil brasileiros com idade variando de 35 a 74 anos. Os primeiros resultados são previstos para sair em 2025. O propósito é conhecer variações genéticas características da população capazes de gerar doenças e, com essas informações, planejar formas de preveni-las ou tratá-las. O trabalho também deve permitir conhecer melhor a formação do povo brasileiro. O projeto conta com apoio do Ministério da Saúde, que deverá liberar os dados do Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (Elsa-Brasil), consórcio de diferentes instituições públicas que levanta dados epidemiológicos de mais de 15 mil pessoas de todo o país. Três empresas deverão participar do projeto: a brasileira Dasa, que financiará o sequenciamento das primeiras 3 mil amostras; a norte-americana Illumina, que fornecerá os insumos para as análises genômicas; e a Google Cloud, que armazenará os dados. Os pesquisadores da USP ainda buscam financiamento para os outros 12 mil sequenciamentos. Com o projeto Genomics England, iniciado em 2013, a Inglaterra foi pioneira nesse tipo de trabalho e já sequenciou o genoma de quase 100 mil pessoas para identificar variações genéticas relacionadas ao câncer e a doenças raras.

Definido o novo diretor científico da FAPESP

O neurocientista Luiz Eugênio Araújo de Moraes Mello foi nomeado pelo governador paulista, João Doria, para exercer o cargo de diretor científico da FAPESP a partir de abril de 2020. A nomeação, publicada em 6 de dezembro no *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, foi feita a partir de lista tríplice de candidatos elaborada pelo Conselho Superior da Fundação. Constavam da lista, encabeçada por Mello, também os nomes do médico Carlos Gilberto Carlotti e do físico Osvaldo Novais de Oliveira Junior. O novo diretor científico substituirá Carlos Henrique de Brito Cruz, no cargo desde 2005. Mello, 62 anos, é graduado em medicina pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), com mestrado e doutorado pela mesma instituição. Realizou estágio de pós-doutorado em neurofisiologia na Universidade da Califórnia em Los Angeles, Estados Unidos. Foi coordenador adjunto da Diretoria Científica da FAPESP de 2003 a 2006 e é membro titular da Academia Brasileira de Ciências. Presidiu a Federação das Sociedades de Biologia Experimental de 2007 a 2011 e, desde 2016, é vice-presidente da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvi-



O neurocientista Luiz Eugênio Mello

mento das Empresas Inovadoras (Anpei). Mello foi pró-reitor de Graduação da Unifesp de 2005 a 2008, onde atuou na ampliação da universidade. Naquele período, foram criados quatro *campi* e 18 cursos. As vagas subiram de 1.200 para 3.800. De 2009 a 2018, Mello foi diretor de Tecnologia e Inovação da mineradora Vale S.A., responsável pela implantação do Instituto Tecnológico Vale. Atualmente, é membro do Conselho Deliberativo do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), diretor de Pesquisa e Desenvolvimento do Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino e diretor da Agência de Inovação Tecnológica e Social da Unifesp. Especialista em epilepsia, Mello tem duas patentes, concedidas no Brasil e no exterior, de duas drogas para o tratamento da doença (ver Pesquisa FAPESP nº 177).



Rio segue o mesmo caminho há quase 30 milhões de anos no norte da África

As razões da estabilidade do Nilo

Um dos mais extensos rios do mundo, o Nilo abastece com água e nutrientes as terras de 11 países do nordeste da África ao longo de seus 6,8 mil quilômetros. Foi assim no florescer das civilizações da Antiguidade, e provavelmente há bem mais tempo. Uma equipe liderada pelo geólogo italiano Claudio Faccena, da Universidade do Texas em Austin, Estados Unidos, e da Universidade Trê de Roma, na Itália, reforça a ideia de que o Nilo manteve praticamente inalterado o seu curso, rumo ao norte, nos últimos 30 milhões de anos, sofrendo pequenas variações. A ideia não é nova. Havia sido proposta em meados dos anos 1970 e encontrava suporte em evidências geológicas: sedimentos datados em 30 milhões de anos coletados no delta do Nilo eram originários das terras altas da Etiópia, onde fica um de seus tributários. Outros grupos argumentavam que o rio inicialmente correria para o Atlântico, a oeste, ou para a atual Líbia, a noroeste, antes de se desviar há 6 milhões de anos para o norte. Faccena e sua equipe compararam sedimentos das terras altas da Etiópia com os acumulados no delta do Nilo e, com a ajuda de modelagens computacionais, reconstruíram a evolução geológica da região. Concluíram que essa região da Etiópia sofreu um soerguimento rápido há uns 40 milhões de anos e assim se manteve, sustentada pelo movimento de rochas pastosas a altas temperaturas do manto, a camada inferior à crosta do planeta (*Nature Geoscience*, 12 de novembro). Por volta da mesma época, a crosta terrestre sob o atual Egito teria afundado, criando o desnível que manteve a drenagem do Nilo.



Ricardo Galvão, ex-diretor do Inpe, exonerado após defender dados do instituto sobre desmatamento

Escamas do pirarucu formam carapaça

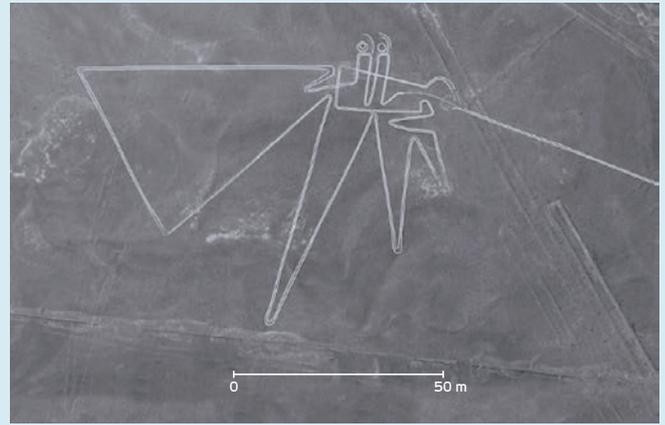
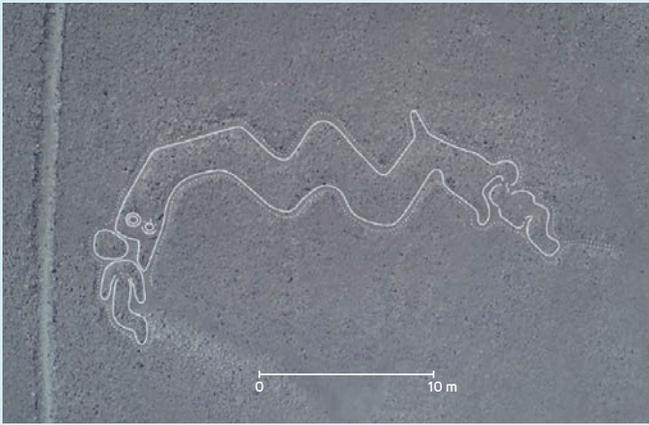
Às vezes com o comprimento de um polegar, as escamas do pirarucu (*Arapaima gigas*) formam uma couraça quase impenetrável. São leves, flexíveis e, ao mesmo tempo, altamente resistentes, propriedades fundamentais para proteger um dos maiores peixes de água doce do mundo de predadores vorazes e de dentes afiados, como as piranhas. Natural da Amazônia, o pirarucu se reproduz e passa boa parte do ano em lagos temporários, geralmente habitados por cardumes de piranhas. Interessada em conhecer a resistência das escamas do pirarucu às mordidas, a equipe de engenheiros de materiais coordenada por Marc Meyers e Robert Ritchie, respectivamente, da Universidade da Califórnia em San Diego e em Berkeley, nos Estados Unidos, decidiu testá-las em laboratório. Eles submeteram alguns exemplares de escamas a diferentes experimentos. Anos atrás, o grupo havia observado que a estrutura das escamas – formada por uma camada externa mineralizada e uma camada interna preenchida por fibras de colágeno – proporcionava alta resistência à penetração de objetos pontiagudos, como os dentes de uma piranha. Em testes recentes, com escamas já fraturadas, os pesquisadores verificaram que a disposição das fibras de colágeno – no pirarucu, elas formam uma das mais espessas camadas já vistas em escamas de peixe – retarda a propagação da fratura. Nelas, o colágeno, um material bastante elástico, está disposto em fibras paralelas formando lâminas sobrepostas. A orientação das fibras muda de uma lâmina para outra, o que, na opinião dos pesquisadores, confere ao material resistência à tensão (*Matter*, 16 de outubro). Coletes à prova de balas têm estrutura semelhante à das escamas de pirarucu.

Personalidades da ciência em 2019

O físico brasileiro Ricardo Galvão integra a lista elaborada pela revista *Nature* das 10 pessoas importantes para a ciência em 2019 (*Nature*, 19/26 de dezembro). Ele atraiu a atenção da comunidade científica internacional em meados do ano passado ao confrontar o presidente Jair Bolsonaro. No centro da disputa estavam dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) sobre o desmatamento na Amazônia. Em julho, o Inpe, então dirigido por Galvão, apresentou resultados preliminares indicando que a taxa de desflorestamento de junho de 2019 tinha sido 88% maior que no mesmo mês de 2018 (ver Pesquisa FAPESP nº 283). Bolsonaro questionou os números e sugeriu que o diretor do instituto estaria a serviço de ONGs. Galvão rebateu as críticas e garantiu que os dados eram “cientificamente sólidos”. Foi exonerado em 7 de agosto. Além de Galvão, integram a lista da *Nature* a ecóloga Sandra Díaz, coordenadora de um levantamento da biodiversidade do planeta; a ativista Greta Thunberg, que chamou a atenção mundial para as mudanças climáticas; e a astrofísica Victoria Kaspi, responsável por aprimorar um telescópio para detectar um tipo misterioso de radiação celeste. Os outros escolhidos são o neurocientista Nenad Sestan, que reviveu por instantes o cérebro de porcos; o microbiólogo Jean-Jacques Tamfum, líder do combate ao surto de ebola no Congo; o biólogo Hongkui Deng, coordenador do primeiro estudo com seres humanos tratados com células geneticamente alteradas pela técnica CRISPR; o paleontólogo Yohannes Haile-Selassie, descobridor de um crânio de *Australopithecus anamensis* de 3,8 milhões de anos; o físico John Martinis, líder do grupo criador de um computador quântico que fez cálculos mais rápidos do que um convencional; e a bioética Wendy Rogers, cujo trabalho indicou a retirada de órgãos para transplante sem o aval dos doadores na China.



Estrutura e composição das escamas do pirarucu as tornam resistentes à perfuração e à tensão



Novos desenhos no deserto do Peru

Arqueólogos do Japão identificaram 143 novos desenhos – ou geoglifos – de animais, plantas e pessoas no deserto de Nazca, na costa do Peru. A descoberta de 142 imagens resulta do trabalho de campo e de análises de imagens tridimensionais feitas por uma equipe coordenada por Masato Sakai, professor de antropologia cultural da Universidade Yamagata, no Japão. Já a imagem de um humanoide com quatro metros de altura e dois de largura foi delineada por meio de um programa de inteligência artificial da IBM do Japão, que se mostrou capaz de processar uma grande quantidade de imagens aéreas em alta resolução. Reconhecidas como patrimônio mundial da humanidade pela Unesco em 1994, as chamadas Linhas e Geoglifos de Nazca e dos Pampas de Jumana se espalham por uma área de cerca de 450 quilômetros quadrados e retratam seres imaginários, animais e outras centenas de grandes figuras geométricas – uma delas retrata um macaco, com 135 metros de extensão. Com idade estimada entre 2.500 e 2.200 anos, eram supostamente usadas em rituais de povos pré-incas. A equipe de Sakai, além de pesquisar a região desde 2004, tem se empenhado em preservar o sítio arqueológico, ameaçado pela expansão urbana e agrícola. No ano passado, um motorista de caminhão que passava pela rodovia Pan-americana saiu da estrada e deixou marcas de pneus em três geoglifos. Em 2009, chuvas fortes que fluíam da estrada danificaram três dedos em um desenho em forma de mão (*Yamagata News*, 15 de novembro; *Smithsonian.com*, 21 de novembro).

Geoglifos em forma de serpente de duas cabeças (à esq.) e pássaro (acima). A imagem de humanoide (abaixo) foi identificada por inteligência artificial



3

Deserto de Nazca, no sul do Peru



ESPECIAL AGROPECUÁRIA DIGITAL

AGRICULTURA 4.0





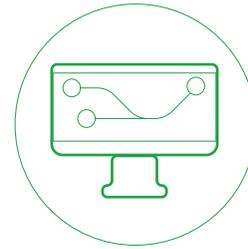
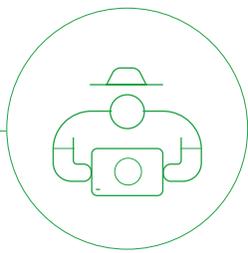
DADOS COLETADOS, TRANSMITIDOS
E PROCESSADOS EM TEMPO REAL
MELHORAM A PRODUTIVIDADE
E A SUSTENTABILIDADE DO CAMPO;
FALTA DE CONECTIVIDADE
E AMPLIAÇÃO DO ACESSO AOS
RECURSOS DIGITAIS SÃO
OBSTÁCULOS A SEREM SUPERADOS

Domingos Zapparoli

O uso de tecnologias da informação (TI) está transformando a agropecuária. O processo de decisão do produtor rural, historicamente baseado na tradição, experiência e intuição, passou a ser apoiado por informações precisas e em tempo real. Nos últimos anos, sensores terrestres, drones, sistemas de rastreamento via satélite e outros dispositivos foram introduzidos no ambiente rural para coletar dados referentes às variáveis que influenciam a produtividade, como características do solo, variação climática e incidência de pragas. Tratores e máquinas agrícolas são equipados com sistemas que permitem seu monitoramento e operação remotos, beneficiando o manejo da lavoura. Softwares auxiliam a gestão dos dados. Agora, a interconexão desses recursos gera novos impulsos ao agronegócio.

“O Brasil tem se posicionado como um grande protagonista no emprego de tecnologias da informação voltadas ao campo”, afirma Sílvia Massruhá, chefe-geral da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Informática Agropecuária, uma das instituições pioneiras na criação de soluções digitais. Ela destaca que o uso de ferramentas de TI é crescente principalmente entre produtores de *commodities*, como soja,

Técnico da Embrapa
testa drone em
plantação de milho
em São Carlos (SP)



milho, algodão, cana-de-açúcar, frutas cítricas, café e carnes. Mas agora o país terá que dar um novo passo em direção à chamada agricultura 4.0.

Massruhá explica que a agricultura 4.0 é a conexão em tempo real dos dados coletados pelas tecnologias digitais com o objetivo de otimizar a produção em todas as suas etapas. Representará a chegada da Internet das Coisas (IoT) ao campo. “No futuro, a agricultura será autônoma [independente]. Os equipamentos conectados, com apoio de inteligência artificial e aprendizado de máquina, irão analisar os dados da cadeia produtiva e tomar as decisões. Caberá ao agricultor acompanhar, monitorar e endossar os processos em curso”, diz Fernando Martins, conselheiro de empresas de tecnologia voltadas ao agronegócio.

O último Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostrou que 1,5 milhão de produtores rurais acessam dados por meio de dispositivos eletrônicos (*ver reportagem na página 26*), número 1.900% superior ao de 10 anos atrás, o que revela boa adesão às soluções digitais. “A digitalização de processos, entretanto, demanda infraestrutura de telecomunicações na área rural, ainda reduzida no Brasil. É nosso calcanhar de aquiles”, comenta Massruhá.

Um estudo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP) indica que apenas 5% da área agricultável do país está conectada à internet, principalmente em grandes propriedades – há no Brasil enorme carência de infraestrutura de conexão, cujo custo terá que ser arcado pelas empresas de telecomunicações, governos ou fazendeiros. Para ampliar a cobertura para cerca de 90% seria necessário instalar algo como 16 mil antenas de transmissão, segundo Luis Claudio Rodrigues de França, diretor do Departamento de Apoio à Inovação para a Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). O investimento estimado supera R\$ 8 bilhões. “A falta de conectividade é o maior gargalo para o avanço da agricultura 4.0 no país”, reconhece França.

De acordo com ele, o Mapa está providenciando um levantamento da situação da conectividade rural no país. Esse estudo avalia o potencial de uso de infraestruturas de conexão já existentes, como antenas retransmissoras de postos da Polícia Rodoviária e redes de fibra ótica que podem ser compartilhadas com linhas de transmissão de energia. O resultado do levantamento irá embasar um plano nacional de conectividade no campo, que o governo planeja lançar em 2020.

Uma das iniciativas voltadas ao emprego dos recursos da agricultura 4.0 é conduzida pela Usina São Martinho, em Pradópolis (SP). Ela implementou uma rede 4G própria para dar suporte à transmissão de dados gerados pelos mais de 700 veículos agrícolas empregados em seus 135 mil hectares de lavoura. Desde então, a frota passou a estar conectada, por meio de seis torres de transmissão, a um Centro de Operações Agrícolas, onde 50 pessoas monitoram os indicadores em tempo real (*ver box na página 15*).

A estrutura de conexão foi desenvolvida nos últimos três anos em conjunto com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD) de Campinas (SP), com um investimento de R\$ 60 milhões financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). “O projeto prevê ganhos com a redução de custos operacionais e a identificação de oportunidades de melhorias e novos negócios”, conta Walter Maccheroni Junior, gestor de Tecnologia e Inovação da São Martinho. Por ser o primeiro ano de operação da rede 4G, a fase ainda é de avaliação dos ganhos de produtividade. Maccheroni antecipa que a expectativa é de uma economia entre R\$ 2 e R\$ 3 por tonelada de cana colhida com o projeto.

O projeto de rede 4G criado pelo CPQD agora vai ser testado por dois anos em quatro outras propriedades rurais em Mato Grosso e na Bahia, voltadas ao cultivo de soja, milho, algodão e à pecuária. “Queremos demonstrar que a disponibilidade de informação em tempo real e o uso de aplicações de IoT podem gerar ganhos significativos de produtividade”, diz Fabrício



Centro de Operações Agrícolas da Usina São Martinho, em Pradópolis (SP)

SISTEMA PRÓPRIO DE CONEXÃO

Usina sucroalcooleira paulista implementa rede pioneira de internet no campo

Uma infraestrutura tecnológica avançada, baseada em uma rede de internet 4G e aplicações de Internet das Coisas (IoT), apoia desde 2019 as operações da Usina São Martinho, em Pradópolis (SP), uma das maiores produtoras de cana-de-açúcar do mundo. A rede, criada com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD) de Campinas (SP), usa a tecnologia de transmissão Long Term Evolution (LTE) otimizada para áreas remotas, que possibilita um sinal 4G em raios de até 30 quilômetros a partir de suas estações de rádio-base.

Os dados transmitidos ao Centro de Operações Agrícolas (COA) são armazenados em uma estrutura de big data para processamento e integração com os demais sistemas da companhia, como softwares de gestão e mapas de produtividade, que identificam as características produtivas dos talhões –

o jargão para cada área de cultivo que compõe a unidade produtiva.

Segundo o gestor de Tecnologia e Inovação da São Martinho, Walter Maccheroni Junior, tratores, colheitadeiras e caminhões foram equipados com um dispositivo Terminal Inteligente Veicular (TIV), cuja função é capturar e transmitir as informações em dados, vídeo e voz geradas em dezenas de sensores e aparelhos de bordo instalados nos veículos.

O TIV funciona ainda como um *hot spot* de conectividade, possibilitando a conexão Wi-Fi com tablets, drones e outros instrumentos. A interoperabilidade, ou seja, a capacidade dos diversos sistemas envolvidos trocarem informações entre si, é viabilizada por uma plataforma de software livre para IoT, a Dojot, também desenvolvida pelo CPQD.

Maccheroni informa que várias ferramentas que utilizam tecnologias de

inteligência artificial e aprendizado de máquina já estão sendo desenvolvidas por um ecossistema de inovação mantido pela São Martinho com o objetivo de propor soluções para todas as etapas do processo produtivo. Uma oportunidade já detectada é no transporte da cana-de-açúcar do campo até a indústria. Uma frota de cerca de 100 caminhões roda 46 mil quilômetros por dia de operação. Os veículos são monitorados em tempo real, sendo possível detectar a localização geográfica de cada um, bem como definir a melhor rota a ser traçada a cada momento por cada caminhão.

A São Martinho é formada por outras três usinas que terão suas redes 4G implementadas nos próximos dois anos. A implantação do sistema, que custou R\$ 60 milhões, pode proporcionar ganhos entre R\$ 48 milhões e R\$ 72 milhões por ano, segundo Maccheroni.

Lira Figueiredo, gerente de Desenvolvimento de Negócios em Agronegócio Inteligente do CPQD.

O uso dos recursos de TI pelo produtor rural brasileiro, sustenta Figueiredo, é hoje predominantemente off line – ou seja, apenas quando os equipamentos voltam para a sede da fazenda, no fim do dia, os dados operacionais ficam disponíveis. Muitas vezes eles são coletados máquina a máquina, gravados em um *pen drive* e depois processados. Os dados recolhidos serão úteis, mas apenas para programar tarefas dos dias seguintes. “É um grande avanço em relação à agricultura tradicional, onde não há um acompanhamento sistemático do que ocorre na lavoura, mas é pouco diante do potencial de ganho de produtividade

que a tecnologia da informação conectada pode gerar”, declara o executivo do CPQD.

Quando máquinas e sensores estão conectados em tempo real, explica Figueiredo, é possível realizar a coleta de dados a cada minuto, conferindo ao gestor a capacidade de interferir imediatamente. Ele pode, por exemplo, corrigir a rota de uma semeadora que está se desviando do traçado planejado, encaminhar um pulverizador para aplicar defensivos sobre um foco de larvas detectado por um drone antes que a praga se alastre pelo campo ou, ainda, remanejar as tarefas programadas para suas colheitadeiras para se adaptar a um repentino alerta prevendo chuva sobre certos talhões e não em outros.

Outro obstáculo a ser superado na jornada de transformação digital do agronegócio é a falta de interoperabilidade entre softwares dos equipamentos e dispositivos eletrônicos usados pelos produtores. Os fabricantes criam seus sistemas operacionais sem se preocupar com a troca de informações com sistemas de outras empresas. Essa lógica não faz sentido em um mundo que caminha para a comunicação on-line e a IoT.

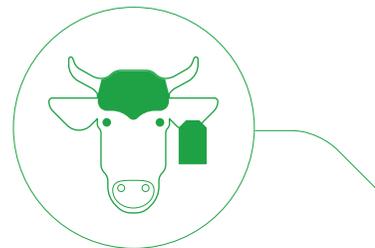
Uma tentativa de superar o problema deve ser apresentada em abril pela Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq). A proposta envolve a criação do Banco de Dados Colaborativo do Agricultor (BDCA), uma ferramenta de big data em nuvem em que ficarão armazenados os dados obtidos pelos diversos equipamentos e sensores e um software fará a adaptação e padronização da linguagem.

Pedro Bastos, presidente da Câmara Setorial de Equipamentos Agrícolas da Abimaq, informa que as informações do banco de dados serão de uso exclusivo dos agricultores e só eles poderão autorizar o acesso de parceiros comerciais e fornecedores aos dados depositados. “O valor do serviço ainda está sendo definido, mas não será caro, pois nosso intuito não é obter lucro, e sim

prestar um serviço relevante. Para isso é preciso que tenhamos escala”, afirma Bastos.

O CPQD já licenciou a tecnologia de conectividade rural, formada por hardwares e softwares, para a Trópico Telecomunicações, também de Campinas. O primeiro negócio foi fechado com a fabricante norte-americana de equipamentos agrícolas John Deere. As duas empresas iniciaram em 2019 a comercialização de um serviço que prevê a construção de redes próprias de conexão à internet. Elaboradas segundo a necessidade de infraestrutura de conectividade de cada propriedade, elas utilizam torres e um sistema de transmissão de dados baseado na tecnologia conhecida como Long Term Evolution (LTE).

A John Deere disponibiliza aos clientes uma plataforma que integra as diversas informações de telemetria de seus equipamentos e de sensores instalados nas máquinas, além de dados de parceiros de negócios dos produtores, como análises de mercado e previsões climáticas. Felipe Santos, gerente de Soluções Tecnológicas para Agricultura de Precisão da John Deere, sustenta que levar conectividade às fazendas é essencial.



ENGORDA A JATO

Pecuária de precisão impulsiona fazenda de criação de gado no norte de São Paulo

O embarque do boi gordo para o abate ilustra bem o nível de automação da Fazenda Santa Rosa, em Altair, no norte de São Paulo. A operação se inicia com os animais deixando o curral por um estreito corredor. Antes de entrarem no caminhão que os levará ao frigorífico, um funcionário aproxima um bastão eletrônico do chip preso na orelha do animal. Numa cabine envidraçada ao lado, os dados sobre o boi surgem na tela do computador. Um software analisa as informações e avisa instantaneamente o operador se o bovino está ou não próprio para o abate. Em caso afirmativo, um terceiro funcionário acionará uma manivela abrindo, a distância, a porteira que levará ao caminhão; se o animal não estiver com o peso adequado, abre-se uma segunda porteira, de volta ao curral. O processo todo leva menos de um minuto.

A Fazenda Santa Rosa pertence à Agropastoral Paschoal Campanelli, de

Bebedouro (SP), que se destaca pelo uso intensivo de recursos da pecuária de precisão. O foco do grupo é a engorda do boi em regime de confinamento – ou seja, em curral e alimentado com ração, e não solto no pasto, como ocorre em boa parte do país. A empresa compra de fornecedores o boi magro, com cerca de 400 quilos, e o revende quatro meses e meio depois com 570 quilos, em média.

“Em pasto, precisaríamos de sete a oito meses para fazer a engorda. Quanto mais rápido o boi ganha peso, melhor para o negócio”, diz Marcelo Campanelli, um dos gestores da empresa. Segundo ele, a Fazenda Santa Rosa tem capacidade para acomodar 21,5 mil animais em regime de confinamento. Em 2019, o grupo comercializou 75 mil cabeças, número que deve crescer para 100 mil este ano.

“Temos muita inteligência embutida em nossa operação, desde a preparação da ração dada aos animais até a hora da venda, passando por um minucioso acompanhamento da saúde do gado

e de quanto ele come no cocho [estrutura onde é posta a comida]”, conta Victor Campanelli, diretor do empreendimento. “A propriedade tem balanças automáticas para pesagem do gado, cochos com sensores eletrônicos, que permitem saber quanto cada lote de animal comeu, e câmeras para monitorar o rebanho a distância. Nossa fábrica de ração é totalmente automatizada.”

Preocupados com a sustentabilidade ambiental, os Campanelli aproveitam as 200 toneladas de esterco produzidas por dia na fazenda. O material é levado a um pátio de compostagem e transformado em adubo orgânico, lançado posteriormente nas plantações de cana-de-açúcar e milho, que também fazem parte do negócio. “Com essa operação, reduzimos em 50% a compra de adubo químico e economizamos alguns milhões de reais”, diz Marcelo Campanelli. “Adotamos na nossa propriedade os princípios da economia circular.”



Na Fazenda Santa Rosa, em Altair (SP), todos os animais são identificados com um chip na orelha (*no alto*); na hora da venda, o funcionário usa um leitor para coletar os dados sobre cada boi

FOTOS: LÉO RAMOS CHAVES

Hoje, permite ao agricultor colher informações, conectá-las, analisar e tomar decisões em tempo real. Em breve, a conectividade será ainda mais importante. “Softwares e algoritmos de inteligência artificial farão a leitura dos dados e comandarão equipamentos automatizados”, afirma.

Tecnologias com essas características já estão chegando ao campo. A John Deere testa no Brasil e nos Estados Unidos um sistema, o See and Spray, capaz de identificar, com o apoio de câmeras e sensores, plantas daninhas no meio da lavoura. Um software de inteligência artificial comanda a aplicação do pesticida por meio de esguichos de alta precisão que atingem apenas o alvo selecionado, gerando economia de recursos e menor impacto ao meio ambiente. O equipamento é autônomo e tem seus movimentos controlados por GPS.

Não apenas a John Deere realiza testes com tratores e máquinas agrícolas autônomas. A italiana CNH Industrial, fabricante das marcas Case e New Holland (*ver Pesquisa FAPESP nº 276*), e a brasileira Jacto testam no Brasil equipamentos que dispensam cabine de comando e piloto.

A Jacto também se destaca por manter em Pompeia (SP) uma instituição, a Fundação Shinju Nishimura de Tecnologia, voltada à capacitação de trabalhadores para o campo (*ver Pesquisa FAPESP nº 271*). A iniciativa revela uma preocupação do setor em recuperar e reciclar a população



Cabine de comando de uma máquina agrícola da empresa John Deere: elevado nível de automação e informatização

ativa que tem sido expulsa do meio rural pelo avanço da tecnologia.

“O processo de modernização tem reduzido o número de postos de trabalho no setor agropecuário, mas, ao mesmo tempo, abre oportunidades para uma mão de obra mais qualificada, inclusive em outros segmentos do agronegócio, como nas agroindústrias e no agrosserviço”, destaca a economista Nicole Rennó Castro, pesquisadora do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Esalq-USP.

Plataformas tecnológicas avançadas também estão sendo adotadas pelo setor pecuarista, em que balanças eletrônicas posicionadas estrategicamente no cocho ou no bebedouro coletam dados a distância sobre a evolução do peso dos animais (ver Pesquisa FAPESP nº 284). Sistemas baseados em inteligência artificial acompanham o ritmo de engorda e geram alertas sobre o momento ideal do abate. A empresa Agropastoril Paschoal Campanelli, de Bebedouro, no norte de São Paulo, faz uso intensivo desses recursos e acelerou o período de engorda do gado recorrendo à pecuária de precisão (ver box na página 16).

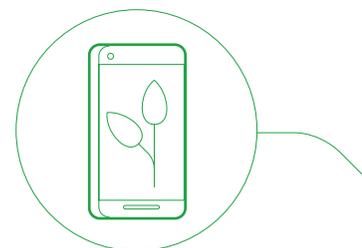
Outra inovação importante foi gestada nos laboratórios da holandesa DSM, especializada em nutrição animal, e está em testes na Fazenda Caçadinha, o Centro de Inovação e Ciência Aplicada de Ruminantes da empresa em Rio Brillhante, em Mato Grosso do Sul. Em parceria com a Universidade de Wisconsin, nos Estados Unidos, a DSM, detentora da marca Tortuga, está desenvolvendo um sistema de câmeras 3D para estimar o crescimento e ganho de peso de bovinos de corte. A

mesma universidade criou um sistema para manejo de cocho em confinamento que avalia, por meio de fotos, a quantidade de alimento ofertado e o comportamento dos animais ao longo do dia.

Tiago Sabella Acedo, gerente de Inovação e Ciência Aplicada da DSM para América Latina, relata que hoje essa análise é feita presencialmente, geralmente uma vez por dia, e usa como base a observação do volume de alimento que sobrou no cocho. Dessa forma, não há como saber se apenas alguns animais se alimentaram e outros não, nem mesmo se o cocho ficou vazio por muito tempo e houve perda de oportunidade de engorda. A ideia é que o sistema monitore o tempo que o cocho ficou sem alimento e sugira a quantidade precisa de comida a ser fornecida, maximizando o ganho de peso dos animais.

A necessidade de levar suas soluções digitais ao produtor fez um grupo de sete empresas de tecnologia para o meio rural se associarem com a operadora de telecomunicações TIM no consórcio ConectarAgro, cujo objetivo é oferecer conexão em todo o país. A tecnologia de transmissão é a LTE 4G e a frequência é de 700 megahertz (MHz). A infraestrutura é formada por torres, antenas e rádio. “A oferta de conectividade no campo é restrita. Queremos que mais produtores façam a transformação digital de suas propriedades”, diz Anselmo Arce, sócio da Solinftec, uma das consorciadas.

A Solinftec é uma empresa brasileira criada em 2007 por sete engenheiros cubanos que migraram para o país a fim de criar soluções de automação para o setor sucroalcooleiro. Hoje os sistemas da companhia monitoram on-line operações automatizadas em 8 milhões de hectares de cana, grãos e fibras em 10 países, incluindo os Estados Uni-



Máquinas fazem colheita de algodão em fazenda da Terra Santa Agro, em Mato Grosso

BIG BROTHER RURAL

Tecnologia gera novas perspectivas para produtora de soja de Mato Grosso

A prática da agricultura de precisão, feita com o apoio de tecnologia da informação, está transformando o grupo Terra Santa Agro, um dos grandes produtores de soja, milho e algodão do país. Em 2016 a companhia, dona de sete propriedades em Mato Grosso, implementou na Fazenda Mãe Margarida o sistema de conectividade rural SolinfNet, fornecido pela empresa de automação agrícola Solinftec.

Com o sistema, os dados de telemetria dos 41 tratores e equipamentos agrícolas da fazenda, que tem 13 mil hectares (ha) de lavoura, passaram a ser acompanhados em tempo real na sede da propriedade. Ao mesmo tempo, as informações foram integradas a dois outros sistemas operacionais: um software de gestão agrícola da fabricante Gatec, que realiza o acompanhamento

e o planejamento do processo produtivo, e outro de gestão empresarial (ERP, na sigla em inglês) da Totvs.

“O que temos hoje é um big brother rural. Sabemos exatamente o que cada operador de cada máquina está fazendo a todo momento e temos condições de intervir imediatamente, caso algo esteja fora do planejado ou se uma mudança nas condições climáticas exigir um replanejamento do trabalho”, diz Márcio Ferreira, diretor de Operações da Terra Santa. Segundo ele, apenas com a melhor definição de rotas de tratores, pulverizadores e colheitadeiras a economia de combustível chega a 6%, em um total gasto de R\$ 3,9 milhões por safra. O sistema de conectividade será expandido para as outras fazendas, sendo que duas já devem estar conectadas na próxima safra.

Um dos principais objetivos da Terra Santa é aprimorar o controle do plantio das duas safras agrícolas anuais. “Existe uma janela curta de tempo para o plantio da primeira safra e inúmeras variáveis a serem controladas. Um erro que custe alguns dias pode comprometer o que foi planejado para a segunda safra”, explica Ferreira.

A Terra Santa obteve em 2018 seu primeiro resultado operacional positivo. O lucro foi de R\$ 162,4 milhões para uma receita líquida de R\$ 1,1 bilhão. Ferreira credits o resultado a ganhos expressivos de produtividade nos últimos anos, impulsionados em parte pelo uso de tecnologias de ponta. A produção de soja atingiu na última safra 58,5 sacas por hectare, cerca de 26% a mais do que seis anos antes, enquanto a de algodão em pluma foi de 115,7 sacas/ha, aumento de 20% no período.



dos. Como explica Arce, a Solinftec adota várias formas de comunicação entre equipamentos para superar a falta de conectividade. A mais usual são as redes *mesh*, em que cada computador instalado nas máquinas em campo atua como um repetidor de sinal, permitindo a comunicação entre elas e a sincronização automática de tarefas.

Em uma versão mais sofisticada, chamada SolinfNet, a rede *mesh* é conectada a torres de rádio, capazes de fazer a conexão com uma central na sede da fazenda, permitindo a comunicação bidirecional e, conseqüentemente, a intervenção em tempo real do gestor. O grupo Terra Santa Agro já implantou essa solução em uma de suas fazendas dedicadas ao cultivo de soja, milho e algodão.

“Não somos mais surpreendidos no fim do dia com o relato de máquinas paradas por imprevistos operacionais ou climáticos”, diz Márcio Ferreira, gestor da Terra Santa Agro. O planejamento do plantio e da colheita com base em informações precisas, segundo ele, foi fundamental para o grupo superar sete anos de prejuízos e registrar lucro operacional em 2018 (ver *box na página 19*).

Além de produtores rurais, universidades, centros de pesquisa e fabricantes de equipamentos, as startups do agronegócio, conhecidas como ag-

techs, também se esforçam para criar soluções inovadoras para o meio rural. “Temos um ecossistema complexo no agro digital e todos têm seu papel. As multinacionais lançam quase simultaneamente equipamentos nos Estados Unidos e no Brasil”, afirma Fernando Martins. “Já as startups têm desenvolvido novas tecnologias para o setor, mas algumas dessas inovações ainda precisam se mostrar úteis e funcionais na prática.”

Embora muito ainda precise ser feito no país em termos de infraestrutura de conexão e interoperabilidade — os maiores obstáculos para inclusão da agricultura brasileira na era do 4.0 —, a transformação digital no campo está em curso. No curto prazo, o ganho de eficiência repercute na saúde financeira das empresas. Olhando para o futuro, auxiliará o produtor a superar o desafio de ampliar a oferta de alimentos com preços acessíveis e de forma sustentável, sem ocupar áreas de floresta.

“Em 2050 a população mundial deverá chegar a cerca de 9,8 bilhões de pessoas”, lembra Sílvia Massruhá, da Embrapa. “O Brasil terá que aumentar em 40% sua produção de alimentos para suprir as necessidades que surgirão. O uso de novas tecnologias e a transformação digital serão fortes aliados para atingir essa meta”, afirma. ■



Terreno pronto para o plantio de cana-de-açúcar, em Ribeirão Preto (SP): cultura é uma das que mais usam tecnologias digitais

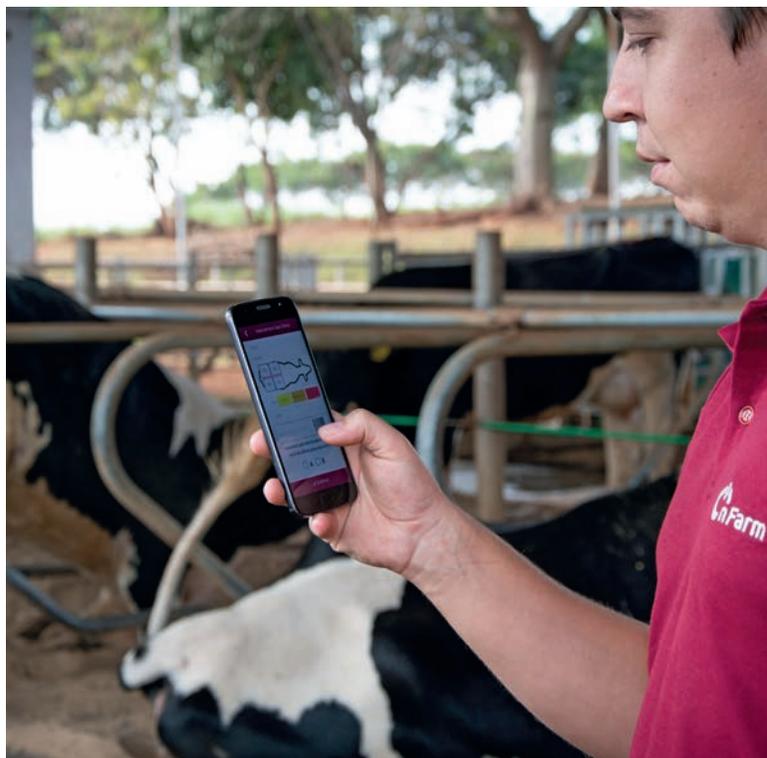
A FORÇA DAS AGTECHS

Startups orientadas ao agronegócio reforçam ecossistema de inovação do campo

Yuri Vasconcelos

A inflamação nas glândulas mamárias, doença conhecida como mastite, compromete o bem-estar do rebanho de vacas leiteiras e causa prejuízos de R\$ 6 bilhões à pecuária nacional. Além de arcar com o custo do tratamento e a redução da produção leiteira, o pecuarista precisa descartar o leite com resíduos de antibióticos usados no processo terapêutico. Em função da dificuldade de identificar de imediato a causa da doença, a maioria dos produtores recorre a antimicrobianos de amplo espectro. Especialistas estimam que em 30% dos casos o emprego desses remédios é desnecessário e a cura pode ocorrer espontaneamente.

Procurando contornar essa situação, a startup OnFarm, com sede em Pirassununga (SP), criou um sistema, composto por um minilaboratório, batizado de SmartLab, um meio de cultura e um aplicativo para gestão de informações e suporte à tomada de decisão, que permite identificar a causa da mastite em 24 horas. O teste é feito na própria fazenda por meio de cultura microbiológica de amostra de leite do animal doente. O rápido diagnóstico possibilita que o produtor escolha o manejo mais adequado. Mais de 300 pecuaristas já adquiriram o kit da startup paulista, à venda desde 2018.



Aplicativo da OnFarm diagnostica em 24 horas mastite em vacas leiteiras

A OnFarm é uma das 1.125 startups orientadas ao meio rural mapeadas pelo estudo “Radar AgTech Brasil 2019”, feito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em conjunto com o fundo de investimento SP Ventures e a consultoria Homo Ludens. Essas empresas inovadoras de base tecnológica, também chamadas de agtechs, são um dos pilares do ecossistema de inovação do agronegócio brasileiro, formado ainda por universidades, centros de pesquisa, grandes companhias agropecuárias, fabricantes de insumos e equipamentos agrícolas e investidores.

“O Brasil é um celeiro para o surgimento, a validação e a consolidação de novas tecnologias criadas por startups voltadas ao campo. Isso se deve, em boa medida, à relevância da agropecuária nacional e ao fato de termos um forte ambiente de inovação nesse setor”, afirma Daniel Trento do Nascimento, secretário de Inovação e Negócios da Embrapa. “As agtechs dispõem de uma sólida base de informações construída durante anos por instituições como Embrapa, Esalq [Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo], Feagri [Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas], Unesp [Universidade Esta-

dual Paulista Júlio de Mesquita Filho] de Jaboticabal, IAC [Instituto Agronômico, de Campinas] e Unica [União da Indústria de Cana-de-Açúcar], entre outras.”

O estudo revelou que o foco da maior parte das agtechs (47% do total) é a criação de tecnologias para a pós-produção agropecuária, como armazenamento de alimentos, logística de transporte, sistemas de embalagem e segurança alimentar. Cerca de um terço (35%) se dedica a desenvolver soluções para atividades dentro das propriedades e 18% são startups com atuação antes das fazendas, como as dedicadas à genômica, biotecnologia e nutrição animal.

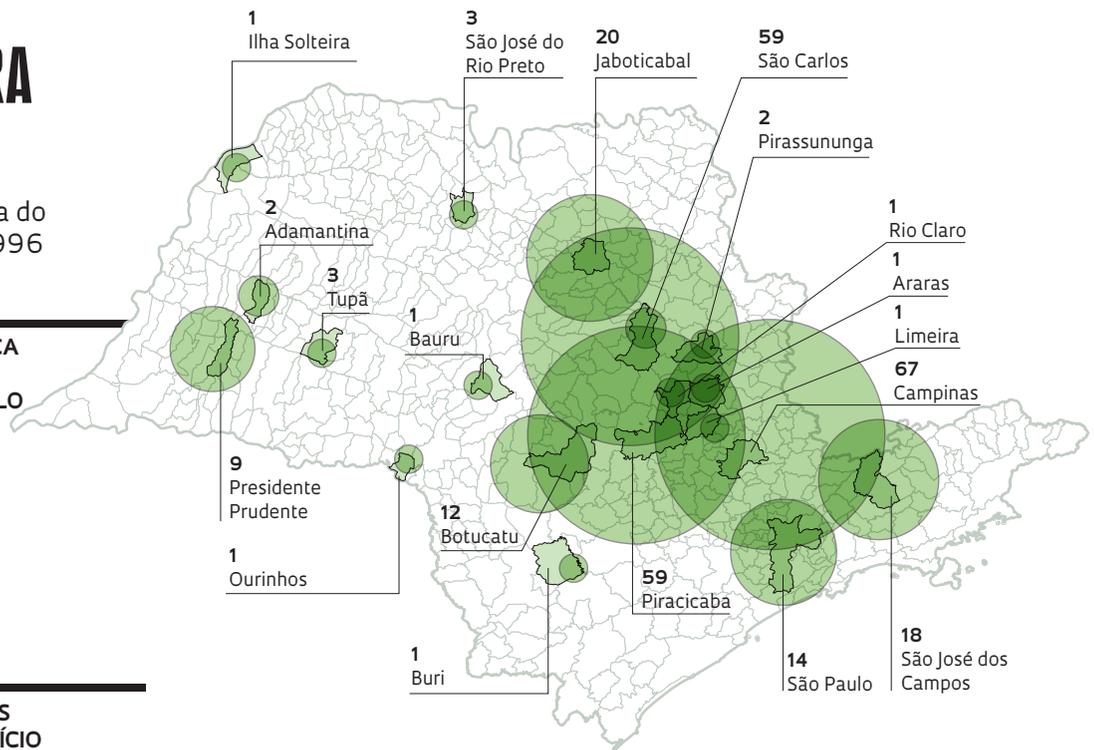
Em 2018, essas 1.125 agtechs receberam investimentos de US\$ 80 milhões, quatro vezes o registrado no ano anterior. O levantamento da Embrapa aponta que nos últimos cinco anos, o ecossistema de agtechs tem mostrado sinais consistentes de crescimento, tanto por ser um ambiente de risco ativo no país quanto pelo apetite para integração tecnológica dos grandes atores do agronegócio.

Para Luís Claudio Rodrigues de França, diretor do Departamento de Apoio à Inovação para a Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), embora 79% das agtechs estejam concentradas nas regiões Sudes-

FOMENTO À AGRICULTURA DIGITAL

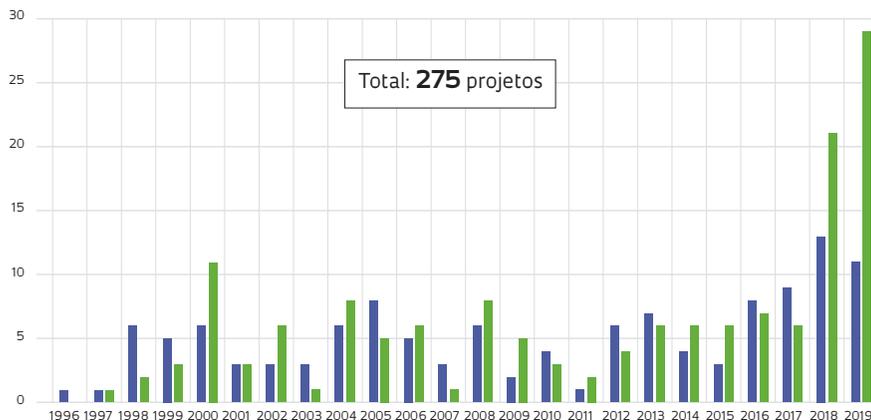
FAPESP apoia essa área do conhecimento desde 1996

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE AUXÍLIOS E BOLSAS, DESDE 1996, EM SÃO PAULO



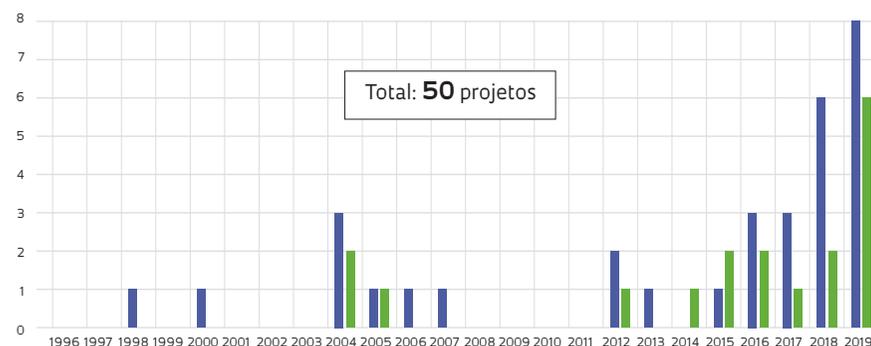
QUANTIDADE DE AUXÍLIOS E BOLSAS, POR ANO DE INÍCIO

■ Auxílios à pesquisa ■ Bolsas



NÚMERO DE PROJETOS PIPE, POR ANO DE INÍCIO

■ Auxílios à pesquisa ■ Bolsas



FONTES BIBLIOTECA VIRTUAL/FAPESP

te e Sul, com destaque para as cidade de São Paulo, Piracicaba e Campinas, o movimento é nacional. “Existem muitas startups no Centro-Oeste e no Matopiba [acrônimo formado pelas iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que abrigam uma das últimas fronteiras agrícolas do país]”, diz França. “As agtechs estão fazendo um trabalho importante de acelerar os processos de inovação no campo.”

Uma característica dessas empresas é a rapidez para desenvolver, testar e colocar no mercado soluções inovadoras. Elas conseguem ter essa agilidade por possuírem uma estrutura mais enxuta e menos rígida do que as companhias tradicionais do agronegócio. “Se no passado o modelo de inovação estava alicerçado em grandes empresas e centros de pesquisa, hoje ele passa necessariamente pelas startups, muitas delas nascidas e apoiadas por universidades”, opina José Tomé, cofundador do AgTech Garage, hub de inovação com sede em Piracicaba.

Inaugurado em 2018, o AgTech Garage lançou recentemente o Fellowship Program, que tem como objetivo aproximar as universidades da comunidade de inovação do hub, formada por startups, produtores rurais e corporações do agronegócio. “As agtechs nem sempre conse-

guem resolver diretamente os problemas existentes no campo. Algumas vezes, elas precisam de um conhecimento mais profundo ou de um parceiro tecnológico. O Fellowship Program foi criado para ser um facilitador desse processo”, explica Tomé.

Também em Piracicaba, o Pulse, hub de inovação da Raízen, maior fabricante nacional de açúcar, etanol e bioenergia, contabiliza 28 startups residentes, das quais 21 com projetos-pilotos testados nas áreas produtivas da própria Raízen. Entre os parceiros do Pulse, destacam-se a operadora de telefonia Vivo, a empresa de telecomunicações sueca Ericsson e a EsalqTec, a incubadora de empresas da Esalq. Juntos, patrocinam o projeto Agro IoT Lab, voltado à criação de soluções de conectividade para o campo.

Criada em 1994 e hoje com cerca de 70 empresas, entre residentes, associadas e em pré-incubação, a EsalqTec está localizada na Fazenda Areão, estrutura anexa ao campus da Esalq. Dotada de uma área de 130 hectares, a fazenda experimental conta com completa estrutura de conexão, o que permite a coleta contínua de dados e o desenvolvimento e aprimoramento de novas tecnologias digitais.

A inovação no agronegócio também é fomentada por meio do financiamento de projetos de pesquisa e bolsas para alunos de pós-graduação e pós-doutorado. Desde meados dos anos 1990, a FAPESP já concedeu quase 280 auxílios para pesquisas associadas à agricultura e pecuária digital em instituições de ensino superior e pesquisa de todo o estado de São Paulo (*ver gráfico na página ao lado*).

“A FAPESP teve um papel central ao investir, desde o primeiro momento, em projetos de pesquisa associados à agricultura de precisão. Esses financiamentos permitiram a realização dos primeiros estudos e desenvolvimentos na área, e fizeram com que o Brasil não ficasse totalmente dependente de tecnologias importadas”, destaca o engenheiro agrícola Paulo Sérgio Graziano Magalhães, membro do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Universidade Estadual de Campinas (Nipe-Unicamp).

Um dos primeiros projetos apoiados pela FAPESP nessa área, de 1996, tinha como objetivo a construção de um sis-

tema de monitoramento da colheita da cana-de-açúcar, por meio da aplicação de sensores e uso da tecnologia GPS (Sistema de Posicionamento Global), para elaboração de mapas de rendimento da cultura canavieira. O fomento foi concedido ao aluno de doutorado Fábio Marcelo Serpa, orientado por Magalhães na Feagri-Unicamp.

Na mesma época, a Fundação financiou outros dois outros projetos pioneiros. O primeiro, semelhante ao liderado por Fábio Serpa na Unicamp, foi um estudo na Esalq com a finalidade de criar um sistema automático de monitoramento de colheita mecanizada de grãos no estado de São Paulo, utilizando-se de um sistema diferencial de posicionamento global via satélite (DGPS). O outro visou ao desenvolvimento de um dispositivo capaz de formular e dosar fertilizantes sólidos para aplicação a taxas variáveis na lavoura, graças ao emprego do GPS.

“Com o suporte da FAPESP, conseguimos criar novas soluções e adaptar tecnologias importadas às condições brasileiras”, destaca Paulo Graziano, que também integra o Grupo Interdisciplinar de Tecnologia em Agricultura de Precisão, da Feagri-Unicamp, e a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, vinculada ao Mapa.

Nas últimas duas décadas, empresas paulistas de base tecnológica receberam 50 aportes do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) com a finalidade de criar novas soluções para agricultura digital. Com sede em Campinas, a Agrosmart desenvolveu, com recursos do Pipe/Pappe Subvenção, da FAPESP em parceria com a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), um mecanismo para digitalizar a leitura do cartão amarelo, uma espécie de armadilha que usa adesivo para capturar os insetos psilídeos que transmitem o greening, a principal praga que afeta as frutas cítricas. Os cartões são utilizados pelos agricultores como um alerta para a infecção e a necessidade de aplicação de defensivos.

A Agrosmart também já colocou no mercado uma plataforma em nuvem que permite monitorar em tempo real as atividades no campo. Sensores espalhados pela lavoura fazem a leitura do ambiente, com indicadores sobre umidade do ar e do solo, temperatura, probabilidade de chuva, direção e intensidade do vento.

O diretor de Novos Negócios Guilherme Raucci explica que os dados são transmitidos via satélite e geram relatórios e recomendações sobre riscos e oportunidades para as diversas culturas agrícolas. As informações ficam disponíveis na plataforma em nuvem Agrosmart Cultivo Inteligente, que pode ser acessada remotamente pelo produtor rural. O sistema se completa com alertas encaminhados via WhatsApp para o celular do agricultor.

Um recente estudo liderado por pesquisadores da USP evidenciou a importância dos investimentos em capital humano no setor agropecuário paulista. Intitulado *Contribuição da FAPESP ao desenvolvimento da agricultura no estado de São Paulo*, o levantamento revelou que cada R\$1 aplicado em atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D), educação superior e extensão rural resultou em um retorno de R\$ 12 para a economia estadual, em função do aumento da produtividade no meio rural. Os dados fazem parte de um projeto de pesquisa realizado entre 2013 e 2018.

No caso dos aportes da FAPESP, o trabalho mostrou que os recursos destinados pela Fundação a bolsas, projetos de pesquisa e infraestrutura nos campos da agronomia e agricultura deram um retorno de R\$ 27 para cada R\$ 1 aplicado. Esse desempenho só foi superado pelo das universidades públicas, responsáveis pela formação de mão de obra especializada para o setor agropecuário. Essas instituições tiveram R\$ 30 restituídos para cada R\$ 1 investido. ■

Projetos

1. Contribuição da FAPESP ao desenvolvimento da agricultura no estado de São Paulo (nº 12/51209-4); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa — Regular; **Pesquisador responsável** Alexandre Chibebe Nicoletta (USP); **Investimento** R\$ 385.765,24.
2. Armadilhas de pragas automáticas e geostatística aplicadas ao manejo integrado de pragas (MIP) (nº17/08195-6); **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Convênio** Finep Pipe/Pappe Subvenção; **Pesquisador responsável** Marcus Vinicius Sato (Agrosmart) **Investimento** R\$ 229.608,40.
3. Sistema de monitoramento da colheita de cana-de-açúcar para elaboração de mapas de rendimento (nº96/12023-8); **Modalidade** Bolsas no Brasil — Doutorado; **Pesquisador responsável** Paulo Sérgio Graziano Magalhães (Unicamp); **Bolsista** Fabio Marcelo Serpa; **Investimento** R\$ 11.440,00.

Desde 1996, a FAPESP concedeu mais de 270 auxílios à pesquisa e bolsas para projetos em agricultura e pecuária digital. Veja a lista completa em <https://bit.ly/2M1Cq4Z>.

INOVAÇÃO NO CAMPO

Conheça os recursos tecnológicos de última geração que estão mudando o setor rural

TEXTO Domingos Zapparoli

INFOGRÁFICO Alexandre Affonso

Especialistas dividem a produção agrícola em quatro momentos. A agricultura tradicional, 1.0, perdurou por milênios e era marcada pelo uso reduzido de tecnologia e pela baixa produtividade. Esse quadro só se alterou no início do século XX com a introdução da mecanização e do conhecimento científico à atividade agrícola. Essa fase passou a ser denominada agricultura 2.0. Mais recentemente, recursos avançados, como telemetria, sensores e rastreamento por satélite, fizeram surgir a agricultura 3.0. Agora, uma nova onda chega ao setor, a agricultura 4.0, caracterizada pela integração e conexão em tempo real das tecnologias apresentadas nestas páginas.



VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Tratores, colheitadeiras e pulverizadores que dispensam condutores já são testados por produtores rurais em condições reais de uso em várias nações, inclusive no Brasil, mas a carência de conectividade em áreas rurais do país inibe o avanço dessa tecnologia



SENSORES TERRESTRES

Dispositivos eletrônicos coletam dados como volume de chuva, umidade do solo, velocidade do vento, temperatura na lavoura e teor de matéria orgânica, nutrientes e minerais no solo, fungos e pragas



COCHO ELETRÔNICO

Possibilita a coleta de dados sobre o total de alimento consumido por cada boi e a definição do momento certo de repor os alimentos, evitando desperdícios e lacunas na oferta que impactam o ritmo adequado da engorda



MONITORAMENTO REMOTO

Balanças no cocho ou no bebedouro e câmeras 3D fazem a pesagem remota do animal e permitem ao pecuarista avaliar se a alimentação está adequada e se há incidência de doenças que levam à perda de peso





DRONES

Aeronaves não tripuladas coletam imagens de diversos ângulos da plantação, auxiliando na identificação de pragas, falhas no plantio e evolução da lavoura. Na pecuária, monitoram o gado



MAPAS DE PRODUTIVIDADE

Sensores acoplados a colheitadeiras informam a quantidade de produto colhido em cada espaço da lavoura, ajudando a identificar pontos de alta ou baixa produção e as razões do desempenho. As informações auxiliam a programação da próxima safra



TELEMETRIA DE MÁQUINAS

A coleta de dados por meio de sensores embarcados e o compartilhamento remoto das informações permitem monitorar e controlar o desempenho da frota agrícola. É possível gerenciar o percurso dos veículos, realizar a manutenção preditiva e monitorar falhas no plantio e na pulverização



INTERNET DAS COISAS (IOT)

A interconexão de aparelhos, por meio de IoT, permite realizar tarefas sem intervenção humana direta. Com dados de sensores de clima, um sistema automatizado pode fazer uma irrigação programada e um pulverizador retardar a aplicação de defensivos



GPS

Com o sistema de posicionamento global, os produtores acessam informações como características do relevo e desempenho das máquinas. Assim, podem semear, irrigar e aplicar pesticidas com precisão, reduzindo desperdícios e o impacto ambiental

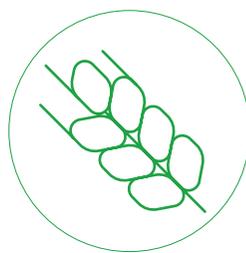


SOFTWARES DE GESTÃO

O desempenho da produção depende de variáveis como o planejamento da compra dos insumos, o momento certo para plantio e as condições mercadológicas para a venda da safra. Softwares ajudam o produtor a organizar esses dados e a tomar a melhor decisão

RETRATO DO BRASIL AGRÁRIO

Modernização eleva eficiência do setor, mas reduz postos de trabalho, apontam pesquisas



O aumento da automação e da mecanização agropecuária e o acesso a novas tecnologias estão modificando o perfil do setor rural brasileiro. Esta é uma das conclusões a que se chega ao analisar os resultados do Censo Agropecuário, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em outubro de 2019. Segundo o estudo, elaborado com dados de 2017, enquanto o número de produtores com acesso à internet cresceu 1.900% desde 2006 e o de estabelecimentos com tratores e colheitadeiras aumentou quase 50%, o contingente de pessoal ocupado diminuiu 1,5 milhão, uma queda de 9% em relação à pesquisa anterior.

“Nos últimos anos, os produtores rurais investiram maciçamente na aquisição de maquinário. Com isso, houve uma redução no número de trabalhadores. A substituição do homem por máquinas é um fenômeno verificado em vários setores da economia”, diz o analista do IBGE Marcelo Souza de Oliveira. Em 2017, a mão de obra rural, de 15,1 milhões de pessoas, foi a menor desde 1960 (ver infográfico na página ao lado).

Levantamento do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São

Paulo (Esalq-USP), também identificou uma eliminação de empregos no campo. Segundo o Cepea, dados da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílio Contínua (PNAD-Contínua) do IBGE mostram que o número de ocupados em atividades agropecuárias entre 2012 e 2018 caiu 16%, equivalente a 1,6 milhão de pessoas.

Um efeito positivo do uso intenso de tecnologias é o aumento da produtividade. Na lavoura da soja, ela cresceu 30% no período entre os censos de 2006 e 2017, enquanto na de milho aumentou 56% e na de arroz chegou a 60%. “Quando falamos de tecnologia, não nos referimos apenas à mecanização, automação e internet, mas também à adoção de técnicas de irrigação e de plantio e ao uso de fertilizantes, defensivos e de biotecnologia”, explica Oliveira.

MAIOR CONCENTRAÇÃO

O Censo Agropecuário revelou ainda que a estrutura agrária no Brasil continua concentrada nas mãos de um número pequeno de proprietários. Em 2017, o país contava com 51,2 mil estabelecimentos com pelo menos mil hectares (10 quilômetros quadrados ou 1.400 campos de futebol). Juntos, eles representavam 1% do total de estabelecimentos, mas concentravam 48% da área ocupada. Em

2006, a participação desses estabelecimentos de maior porte era de 45%.

Os grandes empreendimentos agrícolas, esclarecem os especialistas, são responsáveis pela produção de *commodities* voltadas à exportação, como soja, milho e açúcar, enquanto os agricultores familiares, que respondem por 77% dos estabelecimentos agropecuários e empregam 67% dos trabalhadores, têm foco principalmente na produção de alimentos que chegam à mesa do brasileiro.

A economista Nicole Rennó Castro, pesquisadora do Cepea, aponta que a intensiva modernização acaba levando à concentração da produção. “Os estabelecimentos menores e de baixa tecnologia são os mais prejudicados por não conseguirem sobreviver produtivamente no ambiente de alta concorrência como o de hoje”, destaca Castro.

A pesquisa do IBGE debruçou-se também sobre o uso de agrotóxicos no país e verificou que o número de empreendimentos que recorrem ao produto cresceu 20% entre 2006 e 2017, chegando a 1,7 milhão, ou 33% do total. O levantamento mostrou ainda que 15% dos agricultores que lançaram agrotóxicos em suas plantações eram analfabetos e, desse total, 89% declararam não ter recebido orientação técnica. ■

Yuri Vasconcelos

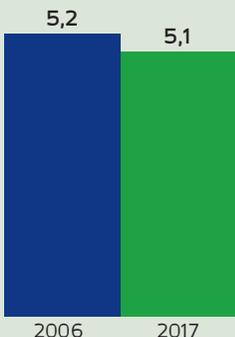
O CAMPO EM MOVIMENTO

Confira os principais dados do Censo Agropecuário do IBGE



PROPRIEDADES RURAIS

Estabelecimentos
(em milhões)



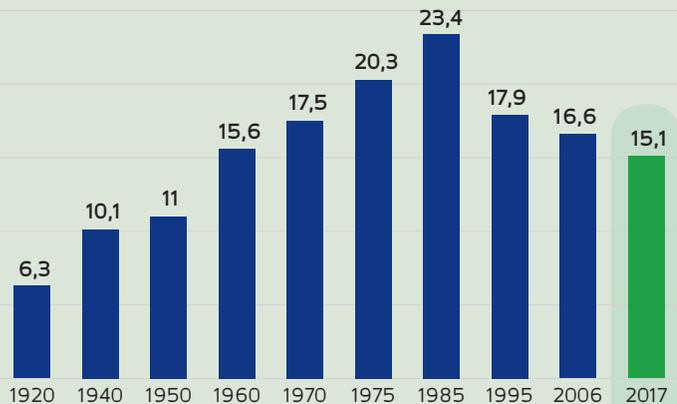
Agricultura familiar X Empreendimentos rurais

Estabelecimentos	3,9 milhões (77%)	1,2 milhão (23%)
Área ocupada Em hectares	80,9 milhões (23%)	270,4 milhões (77%)
Trabalhadores	10,1 milhões (67%)	5 milhões (33%)
Valor da produção	R\$ 107 bilhões (23%)	R\$ 358 bilhões (77%)



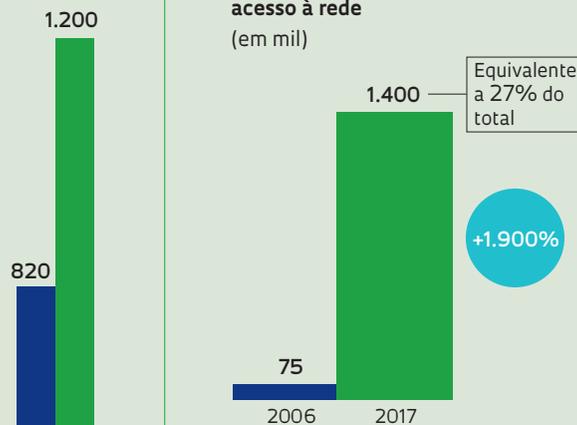
TRABALHADORES

Pessoal ocupado
(em milhões)



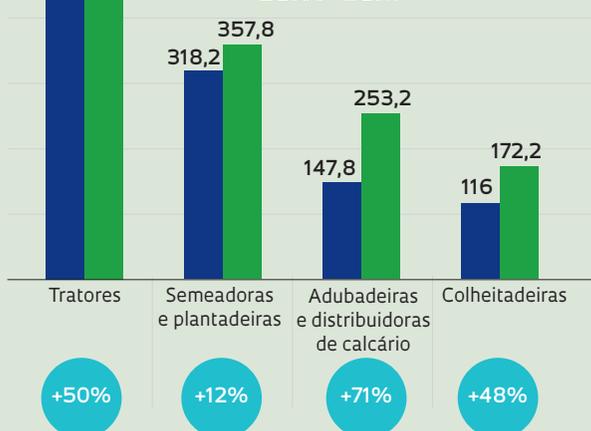
INTERNET

Propriedades com
acesso à rede
(em mil)

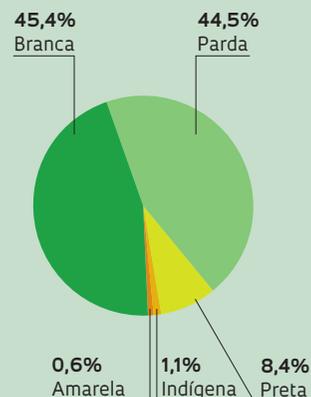


MECANIZAÇÃO

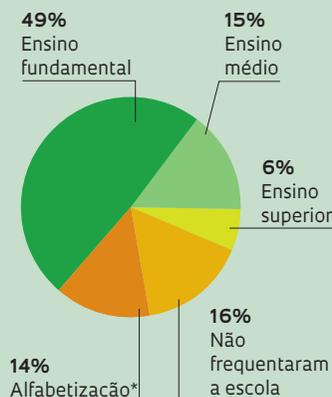
Maquinário (em mil)



Raça (2017)



Educação (2017)



23% não sabem ler e escrever

*Inclui quem frequentou classes de alfabetização (CA) e programas de alfabetização de jovens e adultos (AJA)

ENTREVISTA
SILVIO CRESTANA

QUESTÃO DE SOBREVIVÊNCIA

Redução de custos, ecoeficiência e conexão com a cadeia produtiva fazem o investimento em tecnologia fundamental

Domingos Zapparoli

O uso de tecnologias da informação e comunicação terá o poder de separar quem será bem-sucedido ou não na produção agropecuária nos próximos anos. “É uma questão de sobrevivência”, diz o físico Silvio Crestana, 65 anos, diretor-presidente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) entre 2005 e 2009. Atual pesquisador da Embrapa Instrumentação, ele se dedica ao estudo do impacto das atividades agrícolas nos recursos naturais. Para ele, a digitalização levará ecoeficiência ao campo, permitirá a rastreabilidade da produção e dará poder ao consumidor para penalizar quem não adotar práticas sustentáveis.

Ao longo da carreira, Crestana construiu um campo de visão privilegiado para acompanhar as inovações no agronegócio. Doutor em física aplicada ao solo pelo então Instituto de Física e Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, fez pós-doutorado e trabalhou como pesquisador visitante na Universidade da Califórnia e no Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Autor ou coautor de 200 artigos científicos, é membro do Conselho Superior do Agronegócio da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp).

Nesta entrevista, ele sustenta que a agricultura 4.0 poderá aumentar a desigualdade no campo e diz que o sistema capitalista terá que ser mais inclusivo e buscar novas formas de fazer negócio para absorver a mão de obra que será excluída pela evolução tecnológica.

Quais são os benefícios econômicos que o uso de tecnologias da informação gera ao agronegócio?

Não se trata necessariamente de uma oportunidade de obter mais lucro. É uma questão de sobrevivência. Ou se usa tecnologia ou está fora do jogo. A tecnologia permite ao agricultor considerar todas as características biofísicas envolvidas na produção e fazer o uso adequado dos recursos. Utilizar mais fertilizantes, defensivos e água onde precisa e menos onde não precisa. Com isso, reduzem-se gastos desnecessários e o impacto ambiental. Mas não adianta ter informação sem comunicação. O agricultor é o centro de uma cadeia produtiva, que precisa que a informação circule, tanto para otimizar sua relação com os fornecedores quanto para permitir que acesse mercados e venda produtos sem intermediários.

É importante levar internet ao campo? Sim. Hoje o agricultor dispõe de infor-

mação colhida em sensores nas máquinas e implementos, tem acesso a dados meteorológicos e de relevo do solo digitais e pode usar essas informações, com apoio do SIG [Sistema de Informação Geográfica], para planejar o dia seguinte ou a safra do próximo ano. Ou transportar em um pen drive os dados coletados para uma central de análises. Isso é agricultura 3.0; já é digital, mas não é conectada. O futuro é a agricultura 4.0, na qual tudo acontece em tempo real, o que depende de conectividade no campo. O agricultor nos Estados Unidos, Alemanha, Austrália, China e Japão tem conectividade. Ele pode, a distância, otimizar e sincronizar o trabalho de colheitadeiras e caminhões de transbordo ou até o sistema de produção agrícola como um todo.

Como conectar as fazendas?

O problema não é tecnológico, é de investimento. Uma estimativa razoável é que são necessárias 4.330 antenas [ou estações de rádio-base] operando na frequência de 700 megahertz (MHz) para conectar 72 milhões de hectares de plantio de grãos e cana-de-açúcar com sinal 4G. Aparentemente, o governo não tem recursos para investir. Mas isso pode ser feito, pelo menos em parte, pela iniciativa privada. O custo para a instalação de

Para Crestana, a agricultura 4.0 deverá elevar a produtividade, mas também aumentar a desigualdade no campo



infraestrutura, de R\$ 31 por hectare, é menor do que o valor de meia saca de soja por hectare [em preço de julho de 2019]. Um bom produtor colhe 50, 60 sacas por hectare. Conectado, ele poderá aumentar a produtividade em cinco ou mais sacas por hectare. Ele vai ganhar, mas não vê isso, no momento. Só vê o valor do gasto, pois a pesquisa e a difusão de tecnologia não mostraram isso para ele.

Isso não pode gerar mais concentração de renda?

Hoje, menos de 20% dos proprietários rurais respondem por 80% do valor bruto da produção agropecuária. Outros 80% ou mais respondem por 20%. Essa parcela quase não obtém renda. A agricultura 4.0 pode aumentar a desigualdade no campo. O governo precisa apoiar a conectividade do agricultor com baixo poder aquisitivo e que não tem recursos para investir. Será preciso capacitá-lo, como é feito na Alemanha, Índia, China e Coreia do Sul. O pequeno agricultor também precisa agir. Sozinho, não consegue investir, mas associado ou em cooperativa, sim. A agricultura 4.0 é uma onda arrasadora. Quem ficar de fora não terá como sobreviver.

Ela pode ampliar o êxodo rural?

Na verdade, a tecnologia é desenvolvida

para preencher lacunas. Hoje 87% da população brasileira é urbana. Ninguém quer vida bruta, trabalhar sujo e todo dia, faça chuva ou faça sol. É preciso ordenhar a vaca no domingo, no feriado e no Ano-Novo. Quem quer isso? No Japão, um tratorista ganha o mesmo que um professor universitário – e falta tratorista no mercado. A solução são os veículos autônomos e a automação. A tecnologia pode reverter a falta de mão de obra disposta a trabalhar no meio rural. Vai permitir que as pessoas morem na cidade e operem, da cidade, a produção no campo, indo à fazenda quando necessário e não para fazer o trabalho pesado.

Haverá emprego para todos?

A automação está mudando a realidade do emprego na indústria, no comércio, e não é diferente no campo. Estima-se que em 2050 metade das profissões atuais desaparecerá. Todo o trabalho que se limita à execução de uma rotina será substituído por máquinas e robôs utilizando algoritmos de inteligência artificial capazes de executar tarefas melhor que o homem. Uma colheitadeira substitui 100 pessoas que colhem cana. É bom emprego colher cana? Não. É um trabalho pesado. O trabalhador rural precisa ser treinado, capacitado para ser o operador

de uma colheitadeira. Precisa aprender a realizar tarefas mais complexas. Hoje falta mão de obra no campo capaz de analisar dados, entender processos. Mas, mesmo com essas novas ocupações, no futuro não haverá emprego para todos. Aí vamos precisar discutir algo maior. O capitalismo precisará ser mais inclusivo e evoluir com novas formas de fazer negócios que levem em conta o ser humano e suas necessidades, assim como construir relação harmônica com a natureza.

Qual a importância das startups para a modernização do agronegócio?

O processo de modernização no campo é liderado pelas grandes companhias que desenvolvem tecnologias para o setor agropecuário, mas centros de pesquisa nacionais, universidades, hubs e startups do agronegócio, as agtechs, têm um papel central. Elas possuem mais agilidade e flexibilidade; não são estruturas rígidas, como as grandes companhias ou mesmo empresas pequenas e médias já consolidadas. Isso facilita um ambiente de inovação disruptivo. As agtechs atraem jovens e mulheres, grupos que hoje podem estar afastados do agronegócio. Além disso, os jovens são criados em uma cultura mais aberta à tecnologia, possuem mais facilidade para entender as ferramentas digitais, como a inteligência artificial e a lógica dos algoritmos. As agtechs são negócios mais abertos a ouvir e a entender a demanda de pequenos e médios agricultores, que não são o alvo de atenção das grandes corporações. Também oferecem serviços e soluções mais baratos e acessíveis.

A tecnologia digital pode promover eficiência no campo?

Isso é muito importante. A tecnologia vai gerar transparência e colocar o consumidor no centro da decisão. E o consumidor quer qualidade e produtos sustentáveis. É o que vemos em países da Europa e, crescentemente, na Ásia. O consumidor vai poder rastrear com um QR code o ciclo de vida do produto. O uso de agrotóxico foi adequado? Houve contaminação da água, destruição da biodiversidade ou trabalho escravo? O agricultor não será apenas um produtor rural, mas um agente de conservação da natureza e terá que mostrar que faz o uso adequado dos recursos. Quem faz as coisas certas, ganha mercado. Quem não faz, perde. ■

A arqueóloga das florestas

Escavações na América do Sul ajudaram pesquisadora norte-americana a reinterpretar a ocupação da Amazônia antes da chegada do colonizador europeu

Ricardo Zorzetto

Desde muito cedo, Anna Curtenius Roosevelt sabia que seria arqueóloga. A mãe, a pintora Frances Blanche Webb Roosevelt (1917-1995), certamente a influenciou. Viveu parte da infância entre arqueólogos no Arizona e no Novo México, no sudoeste dos Estados Unidos, e mais tarde passou a levar as filhas – Alexandra, Susan e Anna – para conhecer os sítios arqueológicos da região. “Foi assim que me interessei pela área”, conta Anna Roosevelt. Professora de antropologia na Universidade de Illinois, em Chicago, ela é reconhecida como uma das mais proeminentes especialistas em arqueologia da Amazônia. Sua atuação no Brasil, porém, é vista com reserva por certos grupos de arqueólogos. Uma das queixas é que ela não formou discípulos brasileiros. Outra é que levou parte do material escavado para os Estados Unidos.

Anna Roosevelt pensou inicialmente em se dedicar à arqueologia clássica e estudar as culturas antigas do Oriente Médio. Durante a graduação na Universidade Stanford, no entanto, um estágio no Museu de História Natural de Nova York lhe abriu os olhos para a América do Sul. No doutorado, pela Universidade Columbia, estudou as comunidades que viveram nas planícies inundáveis do rio Orinoco, na atual Venezuela, antes da chegada do colonizador europeu à América. Seu trabalho ali e em sítios arqueológicos na ilha de Marajó e em Santarém, ambos no Pará, ajudaram a reinterpretar a ocupação ancestral da Amazônia e do próprio continente americano.

Em colaboração com pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi, Roosevelt identificou em sítios arqueológicos do município de Monte Alegre, próximo a Santarém, no oeste do Pará, pinturas rupestres de quase 13 mil anos – uma delas é considerada o observatório solar mais antigo do mundo.

Bisneta do presidente norte-americano Theodore Roosevelt Junior (1858-1919), que realizou duas expedições à Amazônia no início do século passado, Anna Roosevelt nunca deixou de retornar ao Brasil, onde planeja realizar novas escavações nos próximos anos. A seguir, leia os principais trechos da entrevista concedida a *Pesquisa FAPESP*, por telefone, em 11 de outubro.

IDADE 73 anos

ESPECIALIDADE

Arqueologia

INSTITUIÇÃO

Universidade de Illinois, em Chicago

FORMAÇÃO

Graduação em arte, história, letras clássicas e antropologia pela Universidade Stanford (1968) e doutorado em antropologia pela Universidade Columbia (1977)

PRODUÇÃO

Cerca de uma centena de artigos científicos, além de livros e capítulos de livros



A arqueóloga norte-americana, em visita ao sítio de Pedra Pintada em 2016

Seu trabalho ajudou a mudar a compreensão de como se organizavam os assentamentos humanos pré-históricos na América do Sul. Como chegou a conclusões diferentes daquelas dos arqueólogos que a antecederam?

Por volta da década de 1950, os pesquisadores que produziram hipóteses sobre a arqueologia da Amazônia mudaram a teoria que prevalecera até então. No final do século XIX, naturalistas como Domingos Soares Pereira Penna [1818-1888] e Emílio Goeldi [1859-1917] compreendiam a complexidade das sociedades amazônicas. Os arqueólogos que trabalharam mais tarde na região, como Betty Meggers [1921-2012] e seu marido, Clifford Evans [1920-1981], norte-americanos da Smithsonian Institution, pensavam que apenas regiões desérticas com grandes rios, como o Nilo ou os rios dos vales mexicanos, suportariam civilizações com culturas complexas. O interessante é que se sabe que os seres humanos arcaicos emergiram na África em região de florestas tropicais, e não de savana. Ainda que fôssemos animais de floresta tropical no início, Meggers e Clifford concluíram que os seres humanos não poderiam sobreviver em florestas tropicais por causa das doenças e da dificuldade de cultivar alimentos. Para eles, as únicas civilizações que teriam existido na Amazônia seriam originárias

de outra região e teriam desaparecido rapidamente.

O que a levou a pensar diferente deles?

No início da minha carreira, eu não lidava com a floresta tropical. Estava interessada em agricultura. Sabia que os rios Orinoco e Amazonas ocupavam planícies inundáveis maiores que a do Nilo e tinham bons solos. Meu raciocínio foi de que isso teria sido suficiente para comportar grupos humanos capazes de desenvolver cultura complexa. Em meu doutorado, mostrei que, na região do Orinoco, as pessoas teriam praticado agricultura intensiva durante o crescimento da população antes da colonização europeia. Meu foco eram as sociedades das planícies inundáveis, as várzeas. À medida que aprendi mais sobre as florestas tropicais e a geologia da Amazônia, percebi que havia diferentes tipos de florestas, mesmo em áreas de terra firme, com solos gerados pela erosão dos Andes e bons o suficiente para suportar a agricultura. Esse tipo de solo poderia ser cultivado de modo intensivo, desde que fossem construídos terraços para retê-lo ou se usassem resíduos orgânicos como fertilizantes, caso das terras pretas de índio. No Sudeste Asiático, em muitas áreas em que surgiram culturas complexas, como a Khmer, houve agricultura intensiva em floresta tropical.

Na Amazônia, sociedades complexas poderiam ter existido em regiões de terra firme, dependendo da natureza do solo e das estratégias de plantio. Esses povos não derrubavam a floresta nem a queimavam. Desenvolveram uma forma de manejo agroflorestal. Nas planícies inundáveis de grandes rios, como os da região de Llanos de Moxos, na Bolívia, ou dos rios Ucayali, no Peru, e Orinoco, nas Guianas, revolviam e drenavam o solo, faziam terraplanagem e usavam a terra intensivamente para a agricultura. No interior da floresta, cultivavam pomares.

Por onde você começou seu trabalho antes de vir para o Brasil?

Fiz minha tese a partir do trabalho de campo na região do rio Orinoco, na Venezuela. Depois, pedi financiamento ao governo dos Estados Unidos para analisar coleções de materiais da Amazônia guardados em museus da América do Norte, da América do Sul e da Europa. Foi uma grande oportunidade de viajar pelo Peru e pela Colômbia. Em minha primeira ida ao Brasil, em 1980 ou 1981, tive a oportunidade de ver em Santarém a terra preta de índio e percebi que aquele tipo de solo era formado a partir de lixo de habitações grandes. No Museu Americano do Índio, nos Estados Unidos, e no Museu Paraense Emílio Goeldi e no

Museu Nacional, no Brasil, vi pontas de projétil de sítios de cultura paleoíndia [que existiu entre 13 mil e 10 mil anos atrás], algumas coletadas pelo arqueólogo Mário Simões (1914-1985). Notei que a duração dessas culturas na Amazônia era maior do que diziam os livros-texto.

Como conseguiu fazer suas primeiras escavações?

Foi por intermédio do geólogo José Seixas Lourenço, diretor do Goeldi à época, que estava trabalhando em Marajó. Eu lhe dei uma cópia de minha tese de doutorado, e ele deve ter imaginado que meu trabalho poderia validar o dele, o que de fato ocorreu. Embora Simões e eu fôssemos amigos, ele não me teria concedido permissão para escavar. Simões não classificou as pontas de projétil como sendo de paleoíndios: disse que era da cultura arcaica, que surgiu por volta de 10 mil anos atrás, na sequência da cultura paleoíndia. Na época, os arqueólogos norte-americanos influenciavam a opinião de todos e afirmavam que a única cultura paleoíndia era a de Clóvis, no Novo México, Estados Unidos. As pontas encontradas na Amazônia, no entanto, eram diferentes das de Clóvis. Tinham pedúnculo [pequena haste] e eram triangulares. Outras pessoas que estudavam as culturas paleoíndias na Amazônia, na Califórnia e no Peru chegaram às mesmas conclusões que eu. A transição que havia sido imaginada da cultura Clóvis, quando as pessoas caçavam animais de grande porte, para a do período arcaico, quando os indivíduos se alimentavam de plantas e peixes, nunca aconteceu. Constatamos que, nas áreas costeiras e ao longo dos rios, as pessoas nunca foram caçadoras de grandes animais, mas forrageiras de amplo espectro. Arqueólogos como o brasileiro Oldemar Blasi [1920-2013] e o norte-americano Wesley Hurt [1917-1997], que haviam trabalhado em Lagoa Santa, Minas Gerais, sabiam disso. O que observamos não era muito diferente do que outros estavam encontrando. Olhar a sequência completa de culturas da Amazônia permitiu aprimorar a história de como se deu a ocupação da região e compreender como viviam os paleoíndios em outras partes do continente.

Havia diferença entre o modo de vida dos paleoíndios na Amazônia e os de outros lugares do que hoje é o Brasil?



As sociedades complexas de Marajó seriam comparáveis às do início da cultura egípcia

Não. Alimentavam-se de peixes pequenos, frutos e óleos de palmeiras, como murici, ou da vagem de leguminosas, como o jatobá. Também comiam animais pequenos. Adoravam tartarugas.

Foi importante começar os estudos pelas coleções de museus?

Aprendi muito com essas coleções. Na de Harvard, havia conchas e cerâmica coletadas na década de 1870 no Brasil pelo geólogo canadense Charles Hartt [1840-1878]. Hartt e Pereira Penna haviam descrito sambaquis amazônicos do período arcaico. Usei as conchas para datar o sambaqui de Taperinha, próximo a Santarém, antes de ir para lá. Dava 6 mil anos de idade. Quando escavamos a parte mais profunda de Taperinha, que tem mais de 6 metros de espessura, encontramos cerâmicas mais antigas. A cerâmica encontrada em Pedra Pintada, em Monte Alegre, tinha cerca de 7,5 mil anos, quase 500 anos a mais do que a mais antiga de Taperinha. Meu objetivo inicial era escavar nessa região, que abrigava mais culturas. Havia material

de paleoíndios e cerâmica do período arcaico. Essa cerâmica, aliás, representa uma forma de adaptação completamente nova e contribuiu para compreender o povoamento das Américas. Ela indica que muito cedo os grupamentos humanos assumiram ocupações sedentárias, ao se tornarem dependentes de uma alimentação à base de peixes e moluscos.

Esse foi o local mais importante em que trabalhou na Amazônia, não?

Foi lá que identificamos a presença de paleoíndios na Amazônia. O material arqueológico encontrado também retrata uma sequência completa das culturas que existiram na região no passado.

O que essa sequência de culturas revela?

Mostra um dinamismo e uma criatividade enormes. Há exemplos de arte monumental desde os primeiros momentos. A maior parte das pinturas tem mais de 1 metro e vários painéis têm muitos metros de extensão. Em Serra da Lua, são 500 metros de pinturas. Na caverna de Pedra Pintada e no Paineiro do Pilão, em Monte Alegre, eu e meu aluno Chris Davis encontramos pigmento de tinta nas camadas mais antigas. As pinturas são o primeiro registro que esses povos deixaram. De acordo com a tese de doutorado de Chris, uma delas configura um observatório solar, importante para saber em que período do ano estavam. Esse painel é o mais antigo observatório solar que se conhece no planeta, datado de 13 mil anos atrás, início do período paleoíndio, grupo que permaneceu por 1 mil a 2 mil anos na região. Em Marajó, a tradição de pintar cerâmicas começou no início da era cristã e, entre os Shipibo, no Peru, continua até hoje. Eles eram curiosos e inteligentes. Dos primeiros paleoíndios às culturas atuais, peixes pequenos sempre foram parte importante da alimentação, além de frutos de palmeiras e outras árvores. Eles usavam e ainda usam a floresta de modo inteligente. Em alguns lugares, cultivavam as planícies alagáveis de modo intensivo, produziam milho e outras culturas. Ao mesmo tempo, plantavam árvores que geram frutos mais nutritivos, como os de palmeiras, o pequi e a castanheira, e produziam muita comida. É possível produzir muito mais alimento e por mais tempo dessa forma do que cultivando soja ou criando gado.



Anna Roosevelt acompanha alunos de arqueologia em Santarém

Como foi seu trabalho em Marajó?

Analisamos vários terraços. Alguns haviam sido ocupações domésticas, e não apenas centros cerimoniais. Havia lixos e fogões. No final do século XIX, os alunos de Hartt já haviam compreendido isso. Os arqueólogos do início do século XX, porém, não usaram essas informações. As escavações revelaram que por quase um milênio uma população grande teria vivido em Marajó.

No seu livro *Moundbuilders of the Amazon*, você descreve esse povo como sendo parte de uma civilização de certo modo semelhante a outras civilizações ocidentais, como a egípcia. Quais as semelhanças entre elas?

As sociedades complexas de Marajó seriam comparáveis às do início da cultura egípcia ou às primeiras sociedades complexas do Oriente Médio, como a de Çatalhoyuk, na Turquia. O que chamamos de cultura egípcia é uma combinação de milênios de desenvolvimento. As sociedades complexas iniciais existiram bem antes das primeiras dinastias de

faraós, que construíram as pirâmides. É com isso que se parecia a cultura marajoara. Seria semelhante também às culturas formativas do México, Peru ou da Ásia. Elas passam por etapas similares de adaptação e de desenvolvimento. Criavam monumentos cerimoniais, embora variasse a forma como organizavam os assentamentos. Marajó, por exemplo, tem mais sítios – e maiores – do que os da cultura Çatalhoyuk.

O que a levou ao sul do Pará, depois de ter trabalhado em Marajó e Santarém?

Fui investigar o que teria acontecido com a cultura de paleoíndios em áreas interfluviais [regiões de terra firme entre os rios]. Um piloto de avião interessado em arqueologia levou a foto de uma ponta de projétil ao Museu Goeldi e um dos meus colaboradores lá, o arqueólogo Mauro Vianna Barreto, hoje pesquisador da Universidade Federal do Pará [UFPA], me encaminhou. Era o mesmo tipo de ponta de projétil que eu havia encontrado em Pedra Pintada. Fiz contatos e descobri que estava com um dono de

hotel em Castelo dos Sonhos, no Xingu. Com ele, consegui o nome de um antigo minerador chamado Waldemar, que a havia encontrado.

O minerador a ajudou?

Eu e a arqueóloga Maura Imazio da Silveira, uma amiga de longa data que trabalhava no Museu Goeldi, fomos visitá-lo. Perguntei se ele havia encontrado algum objeto de madeira ou palha, que pode se manter preservado na água. Ele me disse: “Espere um minuto. Quero mostrar uma coisa”. Retornou com uma peça de madeira que parece ter sido parte de um arpão e que havia sido preservada na água. Foi um dos momentos mais emocionantes da minha carreira. Logo imaginei que aquela ponta de projétil fizesse parte de um arpão. Ela data de uma época em que o sítio arqueológico Curupité era uma corredeira e provavelmente era usada para fisgar peixes durante a piracema. Agora essa área está submersa, a 12 metros de profundidade. Waldemar entrou em um pequeno avião comigo e com Maura e sobrevoamos a região em que havia sido achada, no rio Curuá. Marcamos as coordenadas do local no GPS e depois voltamos de barco ao local. Na segunda vez em que estivemos lá, Ney, genro de Waldemar, mergulhou conosco e nos mostrou onde havia sido encontrada a ponta de projétil.

Vocês retornaram a Curupité? Encontraram algo mais?

Fomos outras vezes e precisamos retornar. Fizemos um bom mapa desse sítio arqueológico subaquático, mas precisamos escavar para compreender melhor a cultura que viveu ali. Curupité é importante por revelar que há sítios submersos na Amazônia, relevantes por preservarem bem os materiais. Também pode haver sítios de paleoíndios na região do rio Negro, no Amazonas. Tempos atrás integrantes de etnias atuais entregaram pontas de projéteis achadas na região à geóloga Elena Franzinelli, da Universidade Federal do Amazonas. São pontas semelhantes às de Curupité. Preciso da colaboração de oceanógrafos para estudar a região. Uma das coisas interessantes sobre a história cultural amazônica é que, em certos lugares, as mulheres pareciam ser mais importantes do que os homens como governantes, como relatou o missionário espanhol Gaspar de Carvajal

(1500-1584). Por exemplo, encontrei só uma imagem de homem representada na arte monumental de Marajó. A maioria das figuras é feminina.

Há indícios de que as mulheres tinham um papel importante nessas culturas?

É comum as mulheres terem proeminência nas primeiras sociedades complexas. No Egito, algumas das primeiras dinastias eram matrilineares e o governo frequentemente era exercido por duas pessoas: um homem e sua mãe, a rainha-mãe. Chamo esse sistema de governo dual, que também existiu em muitos reinos africanos de regiões tropicais no período colonial. Uma sociedade amazônica atual, os Shipibo, do Peru, representa na cerâmica as mulheres com roupas e pinturas dos xamãs. É uma cultura matrilinear com a mulher como chefe da casa da família, de acordo a Ronald Weber. Já no rio Negro a maior parte das sociedades é patrilinear. Em entrevistas a antropólogos, no entanto, vários povos atuais do rio Negro dizem ser originalmente descendentes de uma sociedade comandada por mulheres que teria vivido em uma grande ilha na foz do Amazonas. Para mim, é Marajó.

Por que Marajó?

Esses povos representam em suas cerâmicas e pinturas a anaconda, o espírito animal da “mulher-xamã”. Existe a hipótese de que os povos de áreas da Amazônia com solos pobres, como nas proximidades do rio Negro, formam, por razões desconhecidas, sociedades patrilineares. Ao longo da várzea do Amazonas, porém, as culturas são matrilineares, como os povos antigos de Marajó e os Shipibo, que vivem até hoje em uma planície inundável do rio Ucayali, no Peru, um tributário do Amazonas. As mulheres tiveram um papel mais importante nas regiões de várzeas do que em outras áreas. No século XVII, o missionário jesuíta Samuel Fritz (1654-1728) reportou a existência de um povo com tradição policroma [que pinta suas cerâmicas de vermelho, branco e preto] no Amazonas, no qual as mulheres faziam as cerâmicas. Fritz perguntou o significado do padrão pintado, o mesmo observado em Marajó, e lhe disseram que era a anaconda. As mulheres Shipibo dizem que os padrões nos grandes vasos representam a xamã-mulher. Elas a chamam de grande ana-

conda. Na cultura marajoara, as imagens mostram mulheres com roupas e apetrechos de xamãs. Além disso, as casas são construídas ao redor dos fogões, o que sugere que fossem sociedades matrilineares. Nessas comunidades, as famílias eram formadas pela mãe, nascida no local, e pelo marido, vindo de fora. As filhas deviam crescer cozinhando com a mãe, por isso os fogões estão juntos. Nas patrilineares, como as do rio Negro, os fogões são separados, porque as mulheres não são aparentadas.

As mulheres também eram influentes em comunidades ancestrais de outros lugares do mundo?

Não. Nas sociedades primitivas da Grécia, os túmulos das mulheres eram mais ricos do que os dos homens. É um sinal de que eram mais abastadas. É comum em certas fases do desenvolvimento dos povos as mulheres serem mais proeminentes. Quando surgem os impérios e o militarismo se torna relevante, os homens assumem papel predominante.

Sua formação foi influenciada pelas mulheres da família. O que aprendeu com elas?

Apreendi com as mulheres da família e com as sociedades regidas por mulheres ou por duplas de homens e mulheres que estudei. Fui criada em um matriarcado. Minha avó paterna, Eleanor Butler Roosevelt [1888-1960], era a chefe da família. Ela e minha mãe ficaram viúvas cedo e passaram a morar juntas. Havia ainda minhas duas irmãs e eu. Minha avó era muito inteligente e moderada, comandava em silêncio. Meu tio e o homem que cuidava da propriedade em que vivíamos eram receptivos à liderança feminina. Mais tarde, quando li sobre o povo Axante, de Gana, soube que os homens respeitavam muito a rainha-mãe. Mas o matriarcado pode ser severo. Fiz uma revisão da literatura a respeito do povo Warao, da Venezuela, Guianas e Suriname, que vive sobre palafitas e tem descendência matrilinear. Nessa sociedade, os homens vêm de outros grupos, para casar com as filhas, e podem ter uma vida difícil. Há abusos praticados pelas esposas contra homens jovens. É comum eles serem levados a serviços de saúde porque foram espancados. Nem tudo o que as mulheres fazem é maravilhoso. No entanto, elas apresentam tendência

menor a abusar de substâncias, o que permitiria tomarem decisões melhores. Segundo estudos, elas também costumam ser menos violentas, embora sejam combativas.

Tem planos de voltar ao Brasil?

Pretendo realizar escavações no sítio subaquático paleoíndio em Curupité e no sítio arqueológico de Guajará, em Marajó. Neste, há cemitérios bem preservados. Desejo, no entanto, ir primeiro a Curupité. A mineração pode estar alterando muito a paisagem e colocando o sítio em risco. Também gostaria de trabalhar no rio Negro, mas precisaria da colaboração de um oceanógrafo com barco e, talvez, um submarino. Ali não é possível mergulhar por ser muito profundo. Além disso, o arqueólogo Alexandre Guida Navarro, da Universidade Federal do Maranhão, me convidou para explorar as aldeias de palafita que existiram no Maranhão. Antes, porém, preciso ir à África fazer entrevistas e iniciar escavações no Congo. Lá existe uma cultura chamada Sangoan, que, em minha opinião, foi a primeira cultura do homem moderno, o *Homo sapiens sapiens* [essa cultura produziu ferramentas de pedra e durou de cerca de 130 mil a aproximadamente 50 mil anos atrás, distribuindo-se por toda a área tropical da África na época]. Ela está associada à floresta tropical. As teorias de que, naquela região, as florestas teriam se transformado em savanas não está correta. Não há evidência de que tenham existido savanas na bacia do rio Congo no Pleistoceno, período geológico que se estendeu de 2,58 milhões a 11,7 mil anos atrás. Ferramentas de pedra produzidas por essa cultura foram encontradas submersas e os materiais orgânicos foram bem preservados. Espero escavar um sítio próximo à fronteira com Angola. Se encontrar objetos de madeira ou restos de plantas bem conservados, poderia ter uma ideia sobre como era o ambiente em que viveram e as ferramentas que usavam.

Há quanto tempo trabalha lá?

Desde 1997. O que depreendi das escavações em Pedra Pintada me levou a questionar a hipótese do surgimento dos seres humanos primitivos na savana no Pleistoceno. Sou interessada em arqueologia ambiental e percebi que a maior parte das conclusões sobre o am-

biente durante o surgimento humano na África estava errada. Resolvi trabalhar lá para revisar a ideia. Na África, apliquei uma lição que aprendi na Amazônia: é preciso olhar para as sociedades atuais para se compreender as antigas, e vice-versa. Dizia-se que os povos indígenas das florestas tropicais eram primitivos, viviam da agricultura de subsistência e não tinham desenvolvido uma civilização. Olhe para a pré-história. É diferente. Na Amazônia, aprendi que a conquista da região pelos europeus e o estabelecimento de governos baseados na cultura europeia alteraram a forma de vida dos nativos. Lá, as pessoas não se adaptaram só ao ambiente. Adaptaram-se também aos eventos e processos históricos e políticos.

A propósito, em quais museus ou instituições estão depositados os artefatos que escavou na Amazônia? Outros pesquisadores têm acesso a eles?

A maior parte do que coletamos em escavações são pequenos restos biológicos carbonizados e quebrados. Os museus brasileiros não desejavam adquiri-los. Eles são úteis principalmente para identificação de espécies e para datação. A maior parte do material cultural de nossas escavações em Santarém foi para um museu local. Algumas coisas foram para a arqueóloga Denise Schaan (1962-2018), na UFPA. Eram pequenos cacos de cerâmica e fragmentos líticos produzidos quando as pessoas fabricavam ferramentas de pedra. Escavamos principalmente onde depositavam lixo. Ouvi dizer que cupins atacaram os rótulos e as caixas desse material no museu de Santarém. Em Chicago, tenho carvões, ossos de animais e lascas dos cacos cerâmicos que foram para a UFPA. As pontas de projétil de Pedra Pintada estão no Museu Goeldi, assim como os poucos cacos decorados e com bordas encontrados em Taperinha. Inicialmente, o material marajoara ficou em uma sala do Goeldi na Rocinha [onde fica a sede administrativa do museu]. As peças inteiras ainda estão lá. Um diretor do museu me pediu para remover os materiais pequenos quebrados porque não havia capacidade de armazená-los em suas instalações. No museu, o material acabou sendo colocado em um anexo externo, no qual os visitantes às vezes entravam. Depois, mudamos pa-



Não vejo evidências de ocupação humana na América do Sul anterior a 13 mil anos

ra um depósito que aluguei em Santarém, com a família de Wilton Hagman, proprietário do local onde está o sítio arqueológico de Taperinha, e, mais tarde, para a Universidade de Illinois, em Chicago. Os pesquisadores são livres para vir estudar esse material, embora apenas Alexandre Guida Navarro e José Oliver tenham vindo ver as peças. Sei que alguns pesquisadores visitaram as coleções em Belém.

Há indícios de que tenha existido ocupação humana há 25 mil anos onde hoje é o Mato Grosso e há 15 mil anos na serra da Capivara, no Piauí. O que pensa sobre essas datações? O que podem mostrar sobre a ocupação do continente?

As datas mais antigas não são de materiais que seguramente resultem de cultura material [objetos feitos ou modificados por seres humanos]. Para mim, o material lítico não é ferramenta. Não vejo evidência de ocupação humana na América do Sul anterior a 13 mil anos.

Novas tecnologias, como a genômica, são úteis na arqueologia amazônica?

Há mais de 10 anos, foi feita a análise de DNA de uma amostra de mil anos do baixo Amazonas. Foi um dos resultados das Américas a mostrar que a diversidade genética era grande no período pré-histórico. Dados anteriores indicavam que a genética de grupos atuais da Amazônia e de outros lugares da América era uniforme e que haveria baixa diversidade. Na época, propuseram a hipótese de que teria havido um gargalo populacional no estreito de Bering. Poucas pessoas o teriam atravessado e chegado à América. Seus descendentes teriam depois se espalhado pelo continente, deixando uma baixa diversidade genética. Quando a hipótese surgiu, ainda não se havia extraído material genético de esqueletos antigos. Sabemos agora que a ideia não está correta. Material genético de povos paleoíndios que viveram por volta de 12 mil anos atrás e dos povos do sítio arqueológico de Windover, na Flórida, datado em cerca de 6 mil anos, mostram que a diversidade é semelhante à observada no nordeste da Ásia, de onde vieram os primeiros seres humanos a chegar à América. Essa diversidade não é mais encontrada nos grupos indígenas atuais. O verdadeiro gargalo populacional ocorreu em 1492, com a chegada dos europeus à América. É comum pesquisadores atribuírem o desenvolvimento de comportamentos e características culturais indígenas à influência da natureza, mas ela pode decorrer da interação humana.

Você é bisneta do presidente Theodore Roosevelt (1858-1919), que participou de duas expedições à Amazônia. Visitou os lugares em que ele esteve?

Não. A primeira expedição dele foi mais para o sul e a segunda mais para sudoeste de onde estive. Quando li sobre sua segunda expedição, eu disse a mim mesma que minhas escavações jamais terminariam com alguém morto [na expedição ao rio da Dúvida, em 1914, uma pessoa morreu afogada e outra assassinada; uma terceira foi deixada para trás]. A expedição dele não foi muito bem organizada. Ele ficou doente e se tornou bem emotivo. Em determinado ponto, ele disse para o grupo continuar sem ele. Parece-me narcisista. É preciso ter personalidade, mas não se pode ser narcisista em uma escavação. ■

UNIVERSIDADE DA ACADEMIA
CHINESA DE CIÊNCIAS /
CHINA

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA
DE NANYANG /
SINGAPURA

INSTITUTO FEDERAL DE TECNOLOGIA
DE LAUSANNE /
SUIÇA

INSTITUTO AVANÇADO DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DA COREIA /
COREIA DO SUL

UNIVERSIDADE DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE HONG KONG /
CHINA

UNIVERSIDADE DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA REI ABDULLAH UNIVERSITY /
ARÁBIA SAUDITA

UNIVERSIDADE DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO SUL /
CHINA

UNIVERSIDADE DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE POHANG /
COREIA DO SUL

UNIVERSIDADE DE
PARIS-SUD /
FRANÇA

INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE ULSAN /
COREIA DO SUL

JOVENS E DE CLASSE MUNDIAL

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Instituições asiáticas se destacam em ranking de universidades com menos de 50 anos, que inclui Unesp e UFABC

Fabício Marques

Os resultados de um novo ranking acadêmico demonstram o vigor de um tipo de universidade de classe mundial que tende a ser mais flexível e interdisciplinar do que o modelo tradicional, com impacto em sua capacidade de inovar. Divulgada em outubro, a *Nature Index Jovens Universidades 2019* apontou as 175 melhores universidades do mundo criadas há menos de 50 anos, usando como parâmetro a produção científica publicada em 82 revistas de alto impacto em quatro campos do conhecimento — física, química, ciências da vida e ciências ambientais e da Terra.

Entre as 10 primeiras colocadas, não há instituições dos Estados Unidos, o país que costuma dominar os rankings, mas três universidades chinesas, três sul-coreanas, uma de Singapura, uma da Suíça, uma da Arábia Saudita e uma da França. O Brasil tem duas representantes: a Estadual Paulista (Unesp) na 60ª posição e a Federal do ABC (UFABC) na 69ª. “Muitas dessas jovens universidades se orgulham em promover o pensamento criativo e oferecem oportunidades de liderança para jovens pesquisadores”, disse, ao anunciar os resultados, o biólogo David Swinbanks, responsável pelo ranking. “Isso atrai uma população estudantil diversificada e incentiva a busca de pesquisas não convencionais.”

A predominância de universidades asiáticas nas melhores colocações resulta de investimentos robustos e constantes que países como China, Coreia do Sul e Singapura fizeram em educação, pesquisa e desenvolvimento nas últimas décadas, e também do fato de essas nações terem expandido seus sistemas universitários nos anos 1970 e 1980. Apesar da juventude em comum, as melhores instituições estão longe de seguir um modelo homogêneo. O caso da China é simbólico. A primeira colocada no ranking é a Universidade da Academia Chinesa de Ciências, instituição com 45 mil estudantes que até 2012 se dedicava apenas à pesquisa e à pós-graduação — atualmente mantém cerca de 700 alunos de graduação. Com sede em Beijing, foi criada em 1978 para ser uma

espécie de amálgama de ensino superior dos 114 institutos de pesquisa de ciências e engenharias vinculados à Academia Chinesa de Ciências, a principal instituição de pesquisa pública do país.

As outras duas chinesas entre as 10 maiores têm um perfil diferente, a começar pelo tamanho. Uma é a Universidade de Ciência e Tecnologia de Hong Kong, criada durante o domínio britânico, com 15 mil estudantes (dois terços de pós-graduação), e a Universidade de Ciência e Tecnologia do Sul (Sustech), em Shenzhen, com 5 mil alunos, que tem o currículo em inglês.

O sistema universitário da Coreia do Sul também teve impulso em décadas recentes: hoje 70% dos cidadãos do país entre 25 e 34 anos têm formação superior, ante 2% em 1945. As universidades sul-coreanas reconhecidas pela *Nature Index* seguem um modelo marcadamente tecnológico. Situado em 4º lugar no ranking, o Instituto Avançado de Ciência e Tecnologia da Coreia (Kaist) é uma universidade pública com 10 mil estudantes. Foi criada em 1971 em Daejeon com recursos de uma agência de cooperação dos Estados Unidos e sob a liderança de um time de pesquisadores de vários países, capitaneada pelo engenheiro Frederick Terman (1900-1982), então vice-presidente da Universidade Stanford e um dos criadores do parque tecnológico que deu origem ao Vale do Silício. Já a Universidade de Ciência e Tecnologia de Pohang (Postech), que aparece em 8º lugar, é privada e foi fundada por uma grande empresa siderúrgica. Tem hoje 5 mil estudantes.

Mas o caso mais impressionante é o do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ulsan (Unist), criado há 12 anos e já em 10º lugar entre as jovens universidades. Ele funciona em Ulsan, capital industrial da Coreia, é público e tem administração autônoma. Com cursos em inglês e pesquisa com foco em materiais e energia, seu objetivo é estar entre as 10 melhores do mundo em 2030 — por enquanto, está entre as 300 no ranking da *Times Higher Education* e entre as 400 segundo o Academic Ranking of World Universities (Arwu) da Universidade de Shangai.

As primeiras colocadas no ranking Jovens Universidades (à esq.) e a posição das duas instituições brasileiras (abaixo)

30
69

UNIVERSIDADE
ESTADUAL PAULISTA /
BRASIL

UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ABC /
BRASIL

De acordo com Renato Pedrosa, do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), instituições jovens e com foco em tecnologia vêm se mostrando cada vez mais competitivas em rankings. “As da Coreia do Sul têm laços com empresas e são fundamentais para fomentar a inovação”, explica Pedrosa, que é membro da coordenação do Programa FAPESP de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em São Paulo. No ranking Arwu, as coreanas Kaist e Postech apareciam entre as 400 melhores do mundo no início dos anos 2000 — e hoje despontam no pelotão entre a 76ª e a 100ª posição. Há outras universidades com foco em tecnologia no topo da lista da *Nature Index*, como o Instituto Federal de Tecnologia de Lausanne, na Suíça, e a Universidade de Ciência e Tecnologia Rei Abdullah, na Arábia Saudita.

A metodologia da *Nature Index* se baseia na produção científica, sem considerar outros parâmetros consagrados, como pesquisas de reputação, patentes ou a empregabilidade de egressos. São contabilizados os artigos publicados em revistas de quatro áreas do conhecimento e se pondera a participação relativa de cada instituição nos *papers*. Com a escolha de periódicos de alto impacto em ciências da natureza e da vida, os resultados funcionam como um termômetro da capacidade das universidades de gerar conhecimento com potencial para produzir aplicações de impacto econômico.

“Os dados da *Nature Index* são transparentes e fáceis de entender”, diz Cleopatra Planeta, farmacologista, pró-reitora de Extensão Universitária e Cultura e atual presidente da Comissão de Rankings da Unesp. No caso da instituição paulista, 60% da nota obtida resultou de artigos publicados em ciências físicas. A metade deles saiu em um periódico — o *Journal of High Energy Physics* — e a maioria de seus autores está vinculada ao Instituto de Física Teórica da Unesp (ver Pesquisa FAPESP nº 243). É possível ver o desempenho em separado em cada uma das quatro áreas — e no ranking da área de física a Unesp aparece em 28º lugar, uma posição atrás da UFABC, que está em 27º e também tem na física seu ponto forte.

As duas instituições têm perfis diferentes. Enquanto a Unesp abriga 54,6 mil alunos em 24 municípios e teve início com a fusão, em 1976, de institutos de educação superior públicos, a UFABC, com pouco mais de 13 mil alunos, foi criada há apenas 13 anos e segue um modelo inovador: em vez de departamentos, divide-se em três centros interdisciplinares (ver Pesquisa FAPESP nº 247).

O químico Dalmo Mandeli, assessor de relações internacionais da UFABC, atribui o sucesso da universidade ao modelo interdisciplinar e ao fato de ter sido criada exclusivamente com professores de nível de doutorado. “Muitos de nossos docentes foram formados em grandes universidades, como USP e Unicamp, e já vieram para cá fazendo parte de grupos de pesquisa integrados a redes internacionais”, afirma. Mandeli vê, contudo, dificuldades para aumentar a competitividade da instituição em rankings. “É difícil acompanhar as universidades da China, que vêm ampliando os investimentos em pesquisa e até pagam prêmios em dinheiro para quem publica em revistas de alto impacto”, diz. Segundo ele, os indicadores da UFABC têm avançado ou se mantido estáveis, mas a instituição tem perdido posições em rankings como o da *Times Higher Education*, ultrapassada por concorrentes que melhoram em velocidade mais acelerada.

Pedrosa observa que o sistema universitário público brasileiro vem crescendo na tendência oposta à dos países asiáticos. “Tivemos a criação de nove universidades federais entre 2002 e 2005 e de outras nove em anos mais recentes. Com exceção da UFABC, que tem um modelo inovador, e da Universidade Federal de Campina Grande, que tem um viés tecnológico, as federais mais jovens surgiram com a ambição de expandir a oferta de vagas na graduação”, afirma. “Ter universidades com perfil interdisciplinar e foco em pesquisa e inovação é importante para o desenvolvimento do país, mas não foi esse o caminho que escolhemos.” Pedrosa vem analisando as relações entre os dispêndios totais por aluno e a intensidade em atividades de pós-graduação para as universidades federais e as três universidades estaduais paulistas, e para universidades públicas dos Estados Unidos. Os primeiros resultados (ver seção *Dados na edição 281*) mostraram que a intensidade em pós-graduação

O Brasil criou universidades federais nos últimos anos para ampliar vagas na graduação, enquanto a Ásia optou por instituições com foco em pesquisa e inovação, diz Renato Pedrosa

A DOR E A DELÍCIA DOS RANKINGS



Rankings foram tema de reportagens das edições nº186 e nº134 de Pesquisa FAPESP

Universidades podem ser comparadas segundo múltiplos parâmetros. Existem rankings internacionais que combinam indicadores de impacto científico e excelência no ensino, outros que valorizam tópicos como a transparência na difusão do conhecimento pela internet, e também há os que destacam aspectos do ambiente acadêmico, como iniciativas em favor da sustentabilidade. Cada lista pode se desdobrar em outras, quando se fazem recortes regionais ou por área do conhecimento. “Conheço pelo menos 20 rankings diferentes que fazem comparações internacionais e mais de 60 que avaliam universidades de regiões ou países”, diz a bibliotecária Solange dos Santos, coordenadora de produção e publicação da coleção de revistas SciELO Brasil. Em seus 20 anos de vida, *Pesquisa FAPESP* tem acompanhado os principais rankings e dado destaque a trabalhos como o de Santos, autora de uma tese, defendida em 2015, que analisou as metodologias dessas listas e as dificuldades de compreender o significado de seus resultados (ver edição nº 244).

Rankings acadêmicos existem desde o final do século XIX, quando o governo dos Estados Unidos lançou relatórios com indicadores de universidades. Eles ganharam popularidade na década de 1980, quando revistas como a *U. S. News & World Report*, nos Estados Unidos, e a *Playboy*,

no Brasil, começaram a publicar classificações de universidades. Foi só no início do século XXI que os rankings passaram a influenciar as estratégias das universidades. Em 2003, a Universidade Shanghai Jiao Tong, da China, criou um ranking de excelência acadêmica, o Arwu, baseado em critérios objetivos, como publicações e a existência de ex-alunos e professores que ganharam um Nobel. O objetivo era ajudar os estudantes chineses a escolher universidades no exterior.

As listas fizeram com que as universidades enxergassem melhor seus pontos fortes e fracos — e fossem cobradas por isso. Acabaram se tornando ferramentas de marketing das universidades com boa colocação, interessadas em atrair estudantes e ampliar fontes de financiamento. Vários concorrentes do Arwu despontaram. O principal foi criado pela revista inglesa *Times Higher Education (THE)*, que combina indicadores objetivos com uma pesquisa de reputação das universidades feita com mais de 10 mil pessoas.

Pesquisa FAPESP acompanhou a influência dos rankings em 12 reportagens publicadas desde 2005. A primeira situava o desempenho das universidades brasileiras nas primeiras edições da *THE* e da Arwu (ver edição nº 118). Reflexões sobre as metodologias dos rankings e dos perigos de sua valorização excessiva foram abordados em 2011 (ver edição nº 182). A mais recente trata da criação de escritórios de indicadores nas universidades incumbidos de abastecer de dados os rankings internacionais (ver edição nº 286).

“Um estudo feito em 2014 indicou que 96% dos reitores monitoram o desempenho de suas instituições em rankings”, diz Solange Santos. Ir mal ou nem sequer ser mencionado nas listas constrange gestores de universidades e vários países criaram políticas para melhorar o desempenho de suas universidades. A China, por exemplo, canalizou investimentos em um grupo de instituições e obteve presença mais expressiva nesses relatórios comparativos. E também se consolidou um mercado de produção de rankings e de soluções dos problemas que eles apontam. “As empresas que fazem as classificações vendem serviços de consultoria para as universidades”, afirma Santos.

é diretamente associada a maior dispêndio por matrícula, no caso norte-americano. Na fase atual da pesquisa, envolvendo a rede federal e as estaduais paulistas, resultados preliminares mostram que as jovens universidades federais apresentam custo por aluno, em média, bem acima do esperado pelo seu perfil, que é de baixa intensidade em pós-graduação, enquanto as federais mais antigas e as estaduais paulistas se-

guem a tendência norte-americana: quanto maior a intensidade em pós-graduação, maior o custo por matrícula. “A situação é preocupante em um momento em que os recursos para o ensino superior e pesquisa estão escassos, pois se construiu um sistema de universidades jovens que não é nem eficiente em graduação, que cumpriria um papel relevante, nem dedicado a pesquisa e inovação, como se vê na Coreia do Sul”, alerta . ■

PARA ALAVANCAR OS BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA

Economista do Ipea fala das ambições de novo centro que busca compreender e debater os impactos sociais e econômicos da geração de conhecimento

Fabício Marques



O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) lançou em novembro o Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, que se propõe a ser um polo de estudos e de debates sobre os impactos do progresso científico e tecnológico na qualidade de vida das pessoas, com foco nas áreas da saúde, educação e sustentabilidade. Com cinco pesquisadores e sete bolsistas, o centro é um desdobramento da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura do Ipea, que nos últimos anos gerou massa crítica para formular políticas relacionadas, por exemplo, a investimentos em infraestrutura de pesquisa e a encomendas tecnológicas (ver Pesquisa FAPESP nº 232 e nº 279). À frente da iniciativa está a economista Fernanda de Negri, uma estudiosa das dificuldades do Brasil em produzir inovações e se beneficiar delas – no ano passado, lançou um livro sobre o tema, *Novos caminhos para a inovação no Brasil* (disponível em bit.ly/2LsGMBY). Graduada em economia pela Universidade Federal do Paraná, com mestrado e doutorado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Negri trabalha no Ipea desde 2004. Na entrevista a seguir, ela fala das ambições do novo centro.

Quais são os objetivos do Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade?

Nosso grupo no Ipea tem uma história de estudar inovação, mas sentimos a necessidade de abordar especificamente os impactos sociais do progresso científico e tecnológico. O objetivo do centro é analisar os efeitos da ciência e da tecnologia sobre a qualidade de vida das pessoas e propor políticas públicas capazes de alavancar impactos positivos ou mitigar impactos negativos.

A que tipo de estudos vocês se dedicam?

Nosso interesse se concentra nas áreas da saúde, educação e sustentabilidade. Em saúde, estamos começando por temas como a medicina de precisão, tentando entender até que ponto essas novas tecnologias podem melhorar o acesso e a qualidade dos serviços de saúde. Também estamos produzindo trabalhos sobre inovações capazes de reduzir o impacto ambiental, que chamamos de ecoinovação. Um dos objetivos é estudar empresas brasileiras que adotam tecnologias nessa direção. Estamos falando de novas energias, utilização de fontes renováveis. Algumas já existem, mas ainda não são viáveis economicamente. Queremos analisar o que se pode fazer para acelerar a sua difusão.

Estudiosa da inovação no Brasil, Fernanda de Negri coordena o Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade

De que forma esperam contribuir?

Somos cinco pesquisadores no centro – 12 pessoas no total, contando os bolsistas. Não vamos dar conta de responder a todas as questões que gostaríamos, mas queremos produzir conhecimento sobre esses temas e nos tornar um hub de debate sobre o impacto das tecnologias na sociedade, que envolva pesquisadores de outras áreas no Ipea e parcerias com universidades e instituições. Para citar um exemplo, veja o caso dos impostos sobre automóveis. Até pouco tempo atrás no Brasil, o automóvel híbrido ou elétrico sofria o mesmo tipo de tributação do carro a gasolina. Por que não propor um sistema tributário que favoreça tecnologias com menores impactos ambientais? Outra questão é o futuro da agricultura. A maior parte da agricultura que fazemos no Brasil é do século passado. Há tecnologias inovadoras em desenvolvimento, por exemplo, para produzir carne em laboratório. Elas serão viáveis no prazo de uma geração? Isso teria implicações na redução da emissão de carbono associada à pecuária, além de ter impacto econômico para o Brasil, que faz uma criação extensiva. São questões relevantes, sobre as quais o país deveria estar pensando mais.

Que políticas poderiam ampliar efeitos positivos e amenizar os negativos das novas tecnologias?

É preciso pensar em políticas capazes de superar gargalos e facilitar a disseminação de tecnologias úteis para a sociedade. Fala-se, por exemplo, em usar inteligência artificial e big data para ampliar o acesso e a qualidade dos serviços de saúde. Mas há vários gargalos, que são às vezes institucionais, às vezes regulatórios e outras vezes são tecnológicos. O mesmo vale para os efeitos negativos. Como criar políticas públicas que mitiguem impactos negativos da robotização, da inteligência artificial, do *machine learning* sobre o emprego? O avanço dessas tecnologias provavelmente vai exigir menos tempo de trabalho do ser humano no futuro. Os países desenvolvidos começam a pensar em como garantir renda para as pessoas num mundo em que talvez não haja trabalho para todos. Outra preocupação é com a perspectiva de que esse processo aumente as desigualdades.

Por quê?

Se é verdade que máquinas e algoritmos vão realizar o trabalho repetitivo e diminuir a oferta desse tipo de ocupação, significa que a robotização e a inteligência artificial poderão ser um instrumento de concentração de renda. Que tipo de política pode ajudar nisso? Richard Freeman, pesquisador da Universidade Harvard [Estados Unidos], propõe modelos diferentes de propriedade de robôs e de máquinas porque essa propriedade faz com que a renda se concentre e amplifique a desigualdade. Esse é outro tema que queremos estudar.

Em que direção o sistema educacional deve mudar para responder aos desafios de qualificar as pessoas nesse ambiente novo?

Os requisitos para entrar no mercado de trabalho mudam com o surgimento de novas tecnologias. Haverá menos espaço para trabalhos automáticos e mais para trabalhos criativos, que envolvam ter uma visão global daquilo que se faz. O debate gira em torno de criar um sistema educacional mais flexível, orientado para fomentar a curiosidade do aluno, que o ensine a buscar a informação necessária para desenvolver alguma coisa específica. Há escolas nos Estados Unidos nas quais os conteúdos são ensinados não do jeito compartimentado, mas atrelados à execução de um projeto concreto. Há ainda pouca evidência em relação à efetividade desse modelo. É preciso estudar que modelos pedagógicos têm efeito para preparar profissionais mais capacitados.

O Brasil está preparado para esse desafio?

Tivemos no Brasil uma melhoria em termos de acesso à educação nos últimos 20 anos, mas a qualidade medida em avaliações internacionais não melhorou na mesma velocidade, muito pelo contrário. Precisamos melhorar a qualidade da educação – e estou me referindo à educação tradicional. Há um desafio anterior a incorporar tecnologias no ensino, que é fazer as pessoas aprenderem a ler, escrever e fazer contas. Uma pesquisa recente feita por uma organização sem fins lucrativos dedicada à educação em matemática mostrou que metade dos alunos brasileiros não sabia fazer uma média simples. Como é possível imaginar um país mais inovador se um contingente enorme de pessoas não sabe somar dois números e dividir por dois?

A medicina de precisão ainda é cara. Que impacto essa tecnologia terá na vida das pessoas?

Medicina de precisão é basicamente usar a genética para auxiliar no diagnóstico e no tratamento das pessoas. É uma tecnologia incipiente no mundo todo. Ainda é cara, mas é em momentos como esse, em que todos estão tentando aprender, que surgem janelas de oportunidade. A medicina de precisão tem dois vieses. Um é o de prevenção, que é usar exames genéticos para identificar subgrupos populacionais mais sujeitos a determinadas doenças e tentar evitá-las. Desse ponto de vista, pode inclusive reduzir custos nos sistemas de saúde. O que impulsionou o desenvolvimento da medicina de precisão nos últimos anos foi o barateamento dos exames, que possibilitou o uso de informações genéticas em cuidados clínicos. Essa é a que se chama de medicina de precisão 1.0. E tem o que alguns pesquisadores chamam de 2.0, que são as terapias gênicas. Estamos falando em tirar as células do indivíduo, editar o DNA e



A redução drástica do investimento em ciência e tecnologia terá impacto na capacidade de inovação da economia brasileira

inserir de volta como tratamento para o câncer principalmente, mas também para outras doenças. Essas terapias gênicas custam US\$ 400 mil cada uma por paciente. Ou mais. Mas há poucos meses pesquisadores da USP em Ribeirão Preto desenvolveram uma técnica de terapia gênica para um paciente que estava em fase terminal de câncer e a estimativa deles é que tenha custado aqui R\$ 150 mil, muito mais barato do que terapias similares usadas no resto do mundo (ver Pesquisa FAPESP nº 286). Isso mostra a importância e as oportunidades de desenvolver esse tipo de tecnologia.

Qual o papel da interação entre universidade e empresa no esforço para ampliar o impacto da ciência?

É enorme, porque a produção de conhecimento, seja pesquisa básica ou aplicada, é um insumo crítico para o desenvolvimento de tecnologia. Fala-se que as universidades brasileiras interagem pouco com as empresas, mas não é isso o que os dados mostram. A universidade colabora muito com o setor privado, tem um papel relevante na produção do conhecimento voltado para inovação e vai continuar tendo. A questão é que, para inovar, não basta só o conhecimento básico produzido nas universidades. É preciso ter um ambiente econômico que estimule a inovação e a economia brasileira tem pouca concorrência. Competição é o grande motor da inovação. Sem ela, não há muita razão para criar novos produtos ou reduzir custos. O Brasil é pouco inovador não porque as universidades brasileiras produzam conhecimento insuficiente, mas porque temos um ambiente de negócios muito burocrático, uma economia ainda fechada.

Esse problema tem se agravado? Em 2020, será divulgada uma nova edição da Pesquisa de Inovação do IBGE, a Pintec. O que se espera dela?

O ambiente econômico brasileiro não tem se agravado, mas também não melhorou. É difícil abrir ou fechar uma empresa e isso é crítico para a inovação porque essas barreiras afastam a concorrência. Se é difícil conseguir crédito ou obter alvará para entrar no mercado, isso diminui o potencial de novos competidores e as empresas estabelecidas ficam mais confortáveis. Em relação à Pintec, os números da inovação no Brasil provavelmente vão piorar, mas aí por conta da crise. Temos baixo crescimento desde 2014 e é natural que as empresas tenham cortado investimentos, inclusive em pesquisa e desenvolvimento. Paralelamente, está havendo uma redução drástica do investimento federal em ciência e tecnologia, que terá impacto na capacidade de inovação da economia brasileira.

Que tipo de impacto?

Há uma série de estudos feitos no Ipea e em universidades mostrando impactos benéficos de mecanismos de incentivo à inovação. O acesso a subvenção, a crédito subsidiado ou a incentivo fiscal para inovação teve efeito positivo no investimento em pesquisa e desenvolvimento das empresas. Na ausência desses incentivos, provavelmente veremos redução no investimento privado. Mas tem um segundo impacto, esse de longo prazo e mais preocupante. Há uma geração de novos pesquisadores que está terminando o seu doutorado e não tem onde trabalhar. Não há concurso nas universidades, há poucas instituições de pesquisa privadas ou com modelos público-privados, as empresas estão reduzindo seus investimentos em pesquisa. Nem para bolsas de pós-doutorado há boas perspectivas. Acho que teremos uma geração de pesquisadores que vai trabalhar com outras coisas ou que então vai sair do Brasil. Isso é grave. Vamos abrir mão de competências que farão falta no futuro. E será difícil recuperar, porque o ciclo de formação de um pesquisador leva anos.

Atrair recursos privados pode ajudar?

Esse é outro mito, de achar que recurso privado vai resolver o problema do financiamento à ciência. As universidades norte-americanas, que são as que mais recebem recursos de empresas para pesquisa, dispõem apenas de 6% do financiamento oriundo do setor privado. Na Unicamp, por exemplo, é 4% ou 5%. A ciência básica e a pesquisa científica nas universidades dependem fundamentalmente de recursos públicos mesmo nos países mais liberais do mundo (ver seção *Dados*, página 93). As empresas se dedicam ao desenvolvimento de produtos. É preciso aumentar o investimento das empresas e enfrentar aquelas limitações relacionadas ao ambiente econômico do Brasil. ■



Guilherme Vieira, aluno da Escola Ângelo Scarabucci, de Franca, mostra o capacete sustentável feito de resíduos da indústria do calçado

SOLUÇÕES CRIATIVAS

Concurso premia vídeos de alunos de escolas públicas de São Paulo que ajudam a resolver problemas da comunidade

Sarah Schmidt

Em uma tarde de setembro de 2019, alguns moradores do bairro Jardim Paulistano, na cidade de Franca, interior paulista, pararam para assistir a um estudante cair de uma bicicleta e simular um ferimento, enquanto um grupo de colegas, acompanhado de um professor, filmava a cena. Pouco mais de um mês depois, o vídeo resultante daquele trabalho seria o principal premiado no concurso Ciência para Todos, promovido pela Fundação Roberto Marinho/ Canal Futura e FAPESP, com apoio da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. No vídeo intitulado “Proteção dos pés para a cabeça”, alunos do ensino médio da Escola Estadual Ângelo Scarabucci selecionaram um problema – o costume dos ciclistas da cidade de não usarem equipamentos de segurança – e propuseram uma solução: um protótipo de um capacete sustentável, feito de resíduos da indústria de calçados, tradicional atividade econômica da cidade.

Henrique Pereira, professor de biologia e orientador da equipe, explica que o roteiro resultou de um trabalho



Alunas premiadas visitaram o Centro de Pesquisas sobre o Genoma Humano e Células-tronco da USP

sobre iniciação científica proposto no início do ano. “Os alunos foram instigados a apresentar soluções criativas para problemas do cotidiano. E, entre eles, estava a falta de equipamento de segurança dos ciclistas”, conta Pereira. “Para obter dados concretos, fizemos um questionário com 150 funcionários de uma fábrica de calçados. A análise das respostas mostrou que 20% deles usam a bicicleta como meio de transporte e que nenhum utiliza equipamento de segurança. Quase metade desses ciclistas relatou já ter ficado afastada do trabalho em virtude de algum tipo de acidente ao usar a bicicleta”, informa o professor.

O passo seguinte foi projetar o capacete sustentável para ciclistas. E por que não aproveitar os materiais descartados pela própria fábrica cujos funcionários foram entrevistados? “Tivemos que pesquisar sobre como os capacetes tradicionais eram feitos”, lembra Karoline Dias, de 16 anos, estudante da 2ª série do ensino médio da escola e integrante da equipe vencedora, formada por mais quatro alunos. “Depois, procuramos na nossa cidade qual material poderíamos usar para a construção de um capacete”, conta.

O protótipo foi elaborado com vários tipos de resíduos: balde de polipropileno, usado na fábrica para colocar graxa e tinta; plastisol, utilizado para fazer o solado dos calçados; pó resultante do processo de raspagem de couro; além de retalhos de couro de boi, de carneiro e de forro de sapato. A equipe foi premiada com tablets e pôde escolher um centro de pesquisa, indicado pela FAPESP, para visitar. Além do trabalho vencedor, a escola Ângelo Scarabucci tinha outros quatro vídeos concorrendo no Ciência para Todos. O objetivo da iniciativa foi instigar estudantes de ensino médio da rede estadual de São Paulo a refletir e a pesquisar sobre um problema local, dentro do eixo “Natureza e Sociedade”, formulando hipóteses e apresentando soluções. O método científico deveria ser documentado em vídeos de até 7 minutos.

Segundo Pereira, dois fatores contribuíram para que a escola de Franca tivesse projetos suficientes para concorrer com vários vídeos: o ensino em período integral e a divulgação no ambiente escolar das experiências de outros alunos na última Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (Febrace), que todos os anos reúne em São Paulo projetos de estu-

dantes do ensino fundamental, médio e técnico de colégios públicos e privados do país. “O período integral faz diferença porque temos mais tempo para trabalhar com os alunos e desenvolver conceitos.”

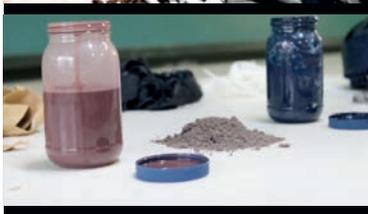
Ao todo, o Ciência para Todos recebeu 106 vídeos. Desse total, 47 preencheram todos os requisitos de inscrição e foram avaliados por uma banca com representantes das instituições idealizadoras da iniciativa. Cinco produções de escolas distintas – quatro delas com ensino integral – foram premiadas. Além do vencedor, quatro equipes formadas por até cinco alunos e um professor foram classificadas como finalistas. O foco do concurso não estava na estética dos vídeos, mas na investigação científica e no projeto criado a partir do problema que os alunos selecionaram. Os cinco vídeos começaram a ser exibidos no Canal Futura em dezembro de 2019 e ficarão disponíveis no futuraplay.org.br.

Segundo a gerente de Desenvolvimento Institucional da Fundação Roberto Marinho, Mônica Pinto, as experiências apresentadas pelos estudantes surpreenderam os organizadores. “Os projetos são de altíssima qualidade”, avalia. Haroldo Corrêa da Rocha, secretário-executivo da Secretaria Estadual de Educação, destaca que o formato escolhido procurou utilizar uma linguagem que despertasse o interesse dos alunos. “Precisamos começar a sensibilizar os jovens na educação básica para termos mais cientistas no país. Com os vídeos, estamos utilizando uma linguagem de comunicação à qual os jovens estão conectados.”

AQUAPONIA E HORTA SUSPENSA

A Escola Estadual Coronel Francisco Schmidt, da cidade de Pereira Barreto (SP), foi uma das premiadas, com o vídeo “Biotecnologia em aquaponia em uma escola de ensino integral paulista”. A aquaponia é um sistema fechado que combina criação de peixes com o cultivo de alimentos, como hortaliças. Para a criação do sistema, a equipe recebeu doações de peixes, canos, caixas e mudas de alface. No sistema, as hortaliças absorvem nutrientes dissolvidos na água por meio das fezes de tilápias, que após o ciclo proporcionam água limpa.

“Nós estudamos, lemos artigos, praticamos, construímos esse sistema todo e percebemos que nada teria acontecido sem que a gente perseverasse. Deu errado



Imagens do vídeo "Proteção dos pés para a cabeça", vencedor do concurso, realizado por alunos de escola estadual em Franca

uma vez. Os peixes morreram, mas não desistimos”, conta a estudante Luana Assumpção Santos, de 17 anos, do terceiro ano do ensino médio. A falha na primeira tentativa foi causada pela temperatura. “A tilápia não sobrevive abaixo de 12 graus. Aqui é quente, mas em julho fez muito frio, chegando a 7 graus na madrugada”, explica a professora de biologia Elda de Aguiar Gama, orientadora da equipe. O problema foi corrigido protegendo o sistema do frio. O resultado do projeto são plantas livres de agrotóxicos para serem consumidas na merenda.

Na escola de ensino médio em tempo integral Dr. Coriolano Burgos, de Amparo (SP), os alunos também desenvolveram um modo de cultivar hortaliças livres de agrotóxicos. Aproveitaram cerca de 70 garrafas pet para criar uma horta suspensa. A escola foi construída sobre um terreno doado há mais de 80 anos que, no passado, abrigou um cemitério. “Não achamos apropriado usar a terra para plantar, pelo risco de contaminação em função da decomposição. Então, partimos para as hortas suspensas”, conta Giovanna dos Santos Ferreira, de 16 anos, estudante do segundo ano e integrante da equipe finalista, selecionada com o vídeo “Ciência Integração-Cemitério”. Outros alunos se mobilizaram para ajudar a montar e cuidar da horta. “Apesar de ser um grupo de cinco estudantes, toda a escola se envolveu”, afirma a professora de biologia Tamires Bianchi Darioli, orientadora do projeto.

CONCEITOS CIENTÍFICOS E A VIOLÊNCIA

Outros dois trabalhos premiados no concurso trataram de temas que envolvem debates relevantes. Um grupo de quatro alunas da escola estadual Zilda Prado Paulovich, de Nova Independência (SP), decidiu avaliar o conhecimento dos colegas sobre conceitos científicos e narrou a experiência no vídeo “A concepção dos adolescentes sobre ciência: conhecimento científico ou senso comum?”. “Alguns assuntos embasados pela ciência e trabalhados em aula estavam sendo questionados por alguns alunos, com argumentos calcados no senso comum”, diz a professora de biologia Jumma Miranda Araújo Chagas, orientadora da equipe. Daí, surgiu a ideia do projeto.

O grupo elaborou um questionário e coletou respostas de 106 alunos dos três anos do ensino médio. Depois, foi feita

uma intervenção sobre os assuntos selecionados: método científico, origem da vida, evolução dos seres vivos, aquecimento global e vacinas. Posteriormente, o questionário foi reaplicado. O grupo avaliou desde conhecimento sobre os temas até o hábito de checar as fontes antes de compartilhar uma informação. “Decidimos mostrar aos alunos a diferença entre senso comum e conhecimento científico”, conta Rafaela Rodrigues Carmona, de 16 anos, que está no segundo ano. Na primeira etapa do questionário, apenas 30% dos alunos afirmaram sempre avaliar as fontes de informação das notícias e demais textos. Após a intervenção, o número subiu para 70%.

Na escola estadual Benedita Pinto Ferreira, de Caraguatatuba (SP), o grupo premiado trouxe como tema a violência doméstica e produziu um vídeo de ficção baseado em fatos reais. “Estamos em uma região carente onde há pessoas que sofrem com a violência doméstica”, conta o professor de arte José Iraedson de Oliveira, orientador da equipe. “Decidimos ajudar a conscientizar as mulheres”, conta Ester Amaral, de 17 anos, que está no primeiro ano do ensino médio.

Como parte da premiação, as cinco equipes puderam visitar laboratórios e centros de pesquisa. O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas (SP), foi a escolha dos alunos de Franca e de Caraguatatuba. Lá, puderam conhecer o projeto Sirius, onde está sendo construída uma das maiores fontes de luz síncrotron do planeta (*ver reportagem na pág. 56*). “Fomos ver o acelerador de partículas. Quero ser engenheira e trabalhar com robótica e, depois da visita, decidi que quero fazer um estágio lá no Sirius. Gosto muito de matemática”, explica Ester Amaral. O professor Oliveira avalia a etapa da visita como fundamental para o desenvolvimento dos alunos. “Essas visitas dão um sentido para o projeto de vida deles.” A equipe de Amparo escolheu visitar o Instituto de Ciências Biomédicas da USP. Já os estudantes de Pereira Barreto e de Nova Independência optaram pelo Centro de Pesquisas sobre o Genoma Humano e Células-tronco da Universidade de São Paulo (USP). “Eu quero ser bióloga e todos os pesquisadores que estavam ali também eram biólogos, o que é muito inspirador”, relata a aluna Luana Assumpção Santos. ■

O MAPA DO TESOURO

Plataforma permite busca a dados de pesquisas realizadas em oito instituições de São Paulo

Rodrigo de Oliveira Andrade

Uma plataforma computacional lançada em dezembro permitirá que pesquisadores do Brasil e do exterior possam encontrar e acessar com mais facilidade dados científicos gerados em estudos desenvolvidos nas principais universidades públicas de São Paulo. A Rede de Repositórios de Dados Científicos do Estado de São Paulo é resultado de um esforço iniciado em julho de 2017 por oito instituições públicas de ensino e pesquisa paulistas: as três universidades estaduais, as três federais, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e a Embrapa Informática Agropecuária.

“Trata-se de uma iniciativa inédita na América Latina em termos de complexidade e abrangência”, diz a cientista da computação Claudia Bauzer Medeiros, do Instituto de Computação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e coordenadora da iniciativa. “O sistema vai disponibilizar dados de pesquisas em todas as áreas do conhecimento hospedados em diferentes repositórios institucionais, construídos a partir das especificações tecnológicas e administrativas de cada instituição participante.”

A plataforma funciona como um sistema de busca, disponível no endereço

metabuscador.sc.usp.br. Com base em uma ou mais palavras-chave, ele percorre os repositórios de cada instituição participante. Em poucos segundos, reúne em uma lista uma relação de arquivos com dados de pesquisas associada aos termos procurados. Ao selecionar a informação de interesse, o usuário é redirecionado para o repositório da instituição que hospeda aquele conjunto de informações, podendo acessá-lo na íntegra – exceto nos casos de restrições éticas, de privacidade ou propriedade intelectual.

O objetivo é estimular o compartilhamento dessas informações e permitir sua reutilização em novas pesquisas ou na reprodução de experimentos. Para Medeiros, a rede deverá facilitar o acesso a esse tipo de informação, além de impulsionar parcerias, acelerar novas descobertas científicas e ampliar a visibilidade da produção acadêmica paulista. “Trata-se da chamada colaboração científica mediada por dados, que vem crescendo no mundo nos últimos tempos”, esclarece a cientista da computação.

Há alguns anos, as universidades públicas de São Paulo começaram a construir repositórios institucionais nos quais sua produção científica — artigos, teses e dissertações — pudesse ser consulta-

da. O da Universidade Estadual Paulista (Unesp), lançado em 2013, por exemplo, tem cópias de 39,8 mil artigos publicados em acesso aberto e 37 mil em acesso restrito. Já o da Unicamp reúne, desde 2015, mais de 155 mil documentos. Também a Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) há quase cinco anos abastece seu repositório com a produção de seus pesquisadores. Seu acervo hoje é composto por 24,5 mil artigos, 11 mil dissertações de mestrado e 7 mil teses de doutorado (ver Pesquisa FAPESP nº 282). A Universidade de São Paulo (USP) também disponibiliza teses e dissertações desde 2001 – atualmente são mais de 88 mil títulos.

Mais recentemente, contudo, as instituições passaram a se preocupar também em fornecer seus dados de pesquisa, por meio da criação de repositórios de metadados, isto é, dados que informam a origem de outros dados. Os metadados oferecem uma descrição sobre as informações científicas geradas em determinada pesquisa, detalhando como foram produzidas, quando, onde e como podem ser reutilizadas e quem as gerou. “Essa movimentação foi estimulada em grande medida pela FAPESP”, destaca a cientista da computação Fátima Nunes,

professora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP, e uma das responsáveis pelo desenvolvimento da nova rede de repositórios de dados científicos.

Em outubro de 2017 a Fundação passou a exigir que os pesquisadores anexassem aos seus pedidos de financiamento de projetos um plano de gestão de dados científicos, desde a coleta até onde eles seriam disponibilizados. O objetivo era facilitar o trabalho de outros pesquisadores interessados em reproduzir os mesmos experimentos e racionalizar o uso de recursos públicos, potencializando o uso de informações já existentes. A demanda veio na esteira de iniciativas promovidas em países da Europa e nos Estados Unidos, e baseadas na ideia de que as pesquisas produzidas com recursos públicos devem ter seus resultados franqueados sem restrições, inclusive em relação aos dados coletados.

“A exigência da Fundação fez com que as instituições públicas de ensino e pesquisa de São Paulo trabalhassem juntas em políticas e diretrizes comuns de gerenciamento de informações de suas pesquisas”, esclarece Nunes. “Durante as reuniões que realizamos, chegou-se à conclusão de que cada instituição participante deveria criar e gerenciar seu próprio repositório de dados primários de pesquisa, e que eles deveriam ser alimentados pelos próprios pesquisadores.” Ao mesmo tempo, iniciaram o planejamento para desenvolver uma plataforma capaz de rastrear e compilar todas essas informações em um único lugar.

Coube à Superintendência de Tecnologia da Informação da USP o desafio de desenvolver o sistema que sustenta a rede de repositórios. A expectativa agora é a de que a plataforma ofereça aos gestores públicos de ciência e tecnologia uma visão ampla e detalhada da produção científica de São Paulo. “Espera-se também que ela se converta em uma ferramenta que possa ser usada pelas universidades na prestação de contas de suas atividades à sociedade”, comenta Medeiros.

Outro desafio que se apresenta com o lançamento da nova rede é o de incutir na rotina de trabalho dos pesquisadores a cultura do compartilhamento e reúso de dados científicos — os resultados das buscas na nova plataforma dependem da quantidade de informações disponibilizadas nos repositórios das instituições. O reaproveitamento de dados vem crescendo, mas ainda está longe de se consolidar no ambiente acadêmico (ver Pesquisa FAPESP nº 265).

A engenheira química Sônia Maria Malmonge, pró-reitora de Pesquisa da Universidade Federal do ABC (UFABC), uma das instituições que integra a rede de repositórios, declara-se confiante no potencial da plataforma em estimular o compartilhamento de dados. “Esperamos que a rede contribua para que os pesquisadores incorporem essa prática no seu dia a dia”, diz. A UFABC trabalha em uma política institucional de ciência aberta para incentivar seus pesquisadores nesse sentido, além de oferecer uma infraestrutura que viabilize o compartilhamento dos dados de suas pesquisas. ■



AMAZÔNIA, AGORA, É FONTE DE CO₂

Entre 2010 e 2017, a floresta tropical emitiu mais carbono do que absorveu

Marcos Pivetta



A Amazônia está perdendo sua capacidade de retirar da atmosfera dióxido de carbono (CO₂), principal gás responsável pelo aumento do efeito estufa, e de atuar como um freio ao processo de aquecimento global. Entre 2010 e 2017, a maior floresta tropical do planeta liberou anualmente, em média, algumas centenas de milhões de toneladas a mais de carbono do que retirou do ar e estocou em sua vegetação e solo. Nesse período, o saldo do chamado balanço de carbono da Amazônia, a soma das emissões e das absorções de dióxido de carbono ocorridas no bioma, favoreceu a coluna das liberações. O resultado faz parte de um amplo estudo internacional coordenado por brasileiros cujos resultados preliminares, ainda sem margem de erro calculada, foram apresentados no encontro da Sociedade Geofísica Americana (AGU) realizado entre 9 e 13 de dezembro em São Francisco, na Califórnia.

Com cerca de 5 milhões de quilômetros quadrados de floresta preservada, a Amazônia sul-americana era considerada, até pouco tempo atrás, um sumidouro de carbono, denominação dada aos lugares, atividades ou processos em que as absorções de CO₂ são maiores do que as emissões. Quando ocorre o contrário e as emissões

superam as absorções, os pesquisadores dizem que há uma fonte de carbono para a atmosfera. Se a liberação de CO₂ é igual à retirada, o balanço de carbono é neutro. “No período analisado, a Amazônia se comportou como uma fonte consistente de carbono”, diz a química Luciana Gatti, coordenadora do Laboratório de Gases de Efeito Estufa (LaGEE), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), principal responsável pelas medições atmosféricas que embasam os resultados do trabalho. “Se excluirmos do balanço os dados dos anos de grandes secas, como 2010, 2015 e 2016, o bioma se torna quase neutro, mas as emissões ainda superam ligeiramente as absorções de carbono.” Os anos de fortes estiagens sabidamente diminuem a capacidade de a floresta retirar dióxido de carbono da atmosfera e favorecem um aumento significativo nas emissões desse gás.

O avanço das queimadas, que liberam diretamente para a atmosfera amazônica o carbono estocado na vegetação, e uma maior mortalidade de árvores decorrente de secas mais severas e prolongadas são apontados como os principais fatores que levaram a Amazônia a se tornar uma fonte de carbono nos oito anos analisados. Com menos vegetação por causa do desflorestamento ou com plantas menos

Trecho queimado e desmatado da floresta amazônica em Boca do Acre, no Amazonas, em agosto de 2019

saudáveis em razão da degradação florestal e das mudanças climáticas, as árvores fazem menos fotossíntese. Esse processo converte luz e dióxido de carbono em energia para as plantas, cuja biomassa é formada por compostos orgânicos à base de carbono, e libera oxigênio para a atmosfera. Do ponto de vista das mudanças climáticas, o efeito da fotossíntese é diminuir a quantidade de CO₂ presente na atmosfera e direcionar o carbono desse gás de efeito estufa para o interior das plantas. Esse elemento químico permanece aprisionado na biomassa até que a vegetação seja queimada ou morra e se decomponha. Quando isso ocorre, o carbono volta para o ar na forma de CO₂.

O balanço de carbono da Amazônia foi calculado a partir de medidas realizadas em 513 perfis verticais da atmosfera da região. Nos últimos oito anos, em média a cada duas semanas, um pequeno avião alça voo de um dos quatro pontos em que são sistematicamente coletadas as amostras de ar: dois mais no leste da Amazônia (Santarém e Alta Floresta), setor mais impactado pelo desmatamento, sobretudo em seu trecho sul; e dois na porção oeste (Rio Branco e Tabatinga), área mais bem preservada. As aeronaves captam amostras do ar ao longo de um perfil descendente, entre 4,4 quilômetros de altitude e 150 metros do solo. Cada perfil atmosférico é enviado para o laboratório de Gatti no Inpe onde são quantificados gases de efeito estufa, como monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e CO₂. Cada amostra não representa apenas a atmosfera do ponto imediatamente abaixo onde foi recolhido, mas o de todo o percurso percorrido pelo ar até chegar àquela região. Como os fluxos de ar na Amazônia fluem do leste, a partir do oceano Atlântico, para o oeste, os perfis atmosféricos da parte ocidental carregam, além das emissões locais, os compostos produzidos no setor oriental da floresta tropical.

Os resultados do trabalho, que ainda serão detalhados em um artigo a ser submetido a uma revista científica, são preocupantes porque a Amazônia se comportou como fonte de carbono nos quatro pontos onde foram coletadas amostras de ar. “No lado leste, a Amazônia se comporta como uma fonte significativa de carbono”, explica Gatti. “No oeste, é quase neutra, quase todo carbono emitido é compensado pelo que é absorvido.” A diferença de comportamento se deve basicamente ao *status* diverso de conservação dessas duas metades da floresta tropical. “A maior emissão de carbono no leste da Amazônia está fortemente relacionada com a quantidade de queimadas”, comenta o químico John B. Miller, do Laboratório de Pesquisa do Sistema Terrestre da Agência Nacional da Atmosfera e Oceano (Noaa) dos Estados Unidos, parceiro internacional do estudo e encarregado

da apresentação dos resultados preliminares no evento da AGU em São Francisco.

Não é a primeira vez que um trabalho científico aponta que a Amazônia deixou de ser um sumidouro de carbono e virou uma fonte. Em artigo publicado na revista *Nature* em fevereiro de 2014, Gatti, Miller e seus parceiros mostraram que em um ano seco, 2010, a região tinha liberado mais carbono do que absorvido e em um ano úmido, 2011, as emissões eram praticamente iguais às absorções. O estudo usava a mesma metodologia do trabalho atual, mas abrangia um pequeno período de tempo. “Nossos resultados são consistentes com um *paper* de R. J. W. Brienen, publicado alguns anos atrás na *Nature*, que, baseado em dados de um censo florestal, indicava que o papel da floresta como sumidouro de carbono estava diminuindo com o passar do tempo”, diz o biogeoquímico Emanuel Gloor, da Escola de Geografia da Universidade de Leeds, no Reino Unido.

Naquele estudo, liderado por colegas de Leeds e com participação de pesquisadores de países amazônicos, os pesquisadores coletaram em campo dados da evolução da biomassa em 321 trechos da floresta ao longo de três décadas. Constataram que, durante a década de 1970 e parte dos anos 1980, a Amazônia se comportava como um sumidouro de carbono. Sua vegetação crescia e retirava grandes quantidades de CO₂ da atmosfera, impulsionada possivelmente pelo chamado efeito de fertilização promovido pela alta concentração de dióxido de carbono na atmosfera (o excesso desse gás estimularia um maior crescimento de vegetação). Mas, com o aumento da mortalidade de árvores, possivelmente em razão de mudanças climáticas, que torna a Amazônia mais quente e com um período de seca mais prolongado, o peso desse efeito foi diminuindo. Na década passada, a capacidade de a floresta tropical retirar carbono da atmosfera era um terço menor do que nos anos 1990, segundo o estudo.

Para o climatologista Carlos Nobre, do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP), os resultados do trabalho de sua colega do Inpe, onde ele fez toda sua carreira, sinalizavam que as mudanças ambientais na Amazônia ocorrem a um ritmo mais acelerado que o previsto. “Projetávamos que a região pudesse virar uma fonte de carbono somente daqui a 30 anos”, explica Nobre, que não participou do estudo feito por Gatti e seus colaboradores. “Mas a parte sul da Amazônia já parece realmente comprometida, a caminho da savanização.” Este termo é usado para designar o processo que leva à substituição de áreas originalmente compostas de florestas densas, típicas de climas tropicais úmidos, por uma vegetação mais esparsa, como a do Cer-

Emissões globais de CO₂ aumentam em 2019

Cerca de 11,7 bilhões de toneladas de carbono foram liberadas na atmosfera; contribuição da queima de combustíveis fósseis subiu 0,6%



FONTES: FRIEDLINGSTEIN, P. ET AL. GLOBAL CARBON BUDGET. 2019

A liberação de dióxido de carbono (CO₂), principal gás responsável pelo aumento do efeito estufa, em todo o planeta em razão da queima de combustíveis fósseis cresceu 0,6% em 2019 em relação ao ano anterior. As atividades que promovem a combustão de petróleo, gás e carvão foram responsáveis por emitir 10,04 bilhões de toneladas de carbono, um novo recorde. Se a esse número forem adicionadas as emissões por mudanças no uso do solo (decorrentes basicamente do desmatamento) e a pequena liberação de CO₂ por vulcanismo, as emissões totais desse gás devem ter atingido 11,7 bilhões de toneladas de carbono.

As projeções fazem parte do relatório anual produzido pelo Global Carbon Project, que reúne mais de 70 cientistas de 15 países.

Desde 2001, a iniciativa produz e difunde dados sobre o balanço de carbono no planeta. As estimativas de 2019, que levaram em conta informações dos 10 primeiros meses do ano passado, foram divulgadas durante a 25ª Conferência do Clima (COP 25), evento organizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em Madri, capital da Espanha, entre 2 e 13 de dezembro. Detalhes e aspectos mais técnicos das projeções também foram apresentados em três artigos publicados em revistas científicas. “As atuais políticas climáticas e energéticas são muito fracas para reverter as tendências nas emissões globais”, disse, em material de divulgação do relatório, a climatologista Corinne Le Quéré, da Universidade de East Anglia, do Reino Unido, uma das principais autoras do trabalho.

O menor emprego de carvão foi apontado como um dos fatores que fizeram o aumento das emissões globais decorrentes da queima de combustíveis fósseis ser menor em 2019 do que nos dois anos anteriores. Em 2018, a elevação tinha sido de 2,1% e em 2017, de 1,5%. Em termos geográficos, a liberação de CO₂ por combustão de petróleo, gás e carvão diminuiu nos Estados Unidos e na Europa, mas cresceu na China e na Índia, os dois países mais populosos do planeta, e em geral no resto do globo. Segundo dados consolidados do Global Carbon Project para o período entre 2009 e 2018, cerca de metade do dióxido de carbono liberado vai para atmosfera, o que agrava o efeito estufa (ver gráfico acima). A outra metade é absorvida pelos oceanos, que se tornam mais ácidos, e pela vegetação e solos.

rado, característica de zonas quentes e secas. Essa alteração influencia o balanço de carbono. Florestas retiram mais carbono que as savanas.

Na avaliação de Nobre, os novos dados indicam que não se trata de um cenário de exceção, que reflete apenas um ano muito seco ou uma parte pequena da região, mas de uma tendência de longo prazo. “Antes, as grandes secas ocorriam na Amazônia a cada 25 anos. Agora chegamos a ter três em 15 anos e os efeitos desse fenômeno se prolongam por anos”, comenta o climatologista. Nos períodos de forte estiagem, a mortalidade natural de árvores cresce e a fixação de carbono pela fotossíntese cai. Portanto, a vegetação retira menos dióxido de carbono da atmosfera. Para

piorar o cenário, as queimadas e o desmatamento causados pelo homem, que apresentaram forte elevação em 2019, reduziram em quase 20% o tamanho original da Amazônia. Entre os compromissos assumidos no Acordo de Paris sobre o clima, o Brasil se comprometeu a eliminar o desmatamento ilegal na região Norte até 2030. ■

Projeto

Variação interanual do balanço de gases de efeito estufa na Bacia Amazônica e seus controles em um mundo sob aquecimento e mudanças climáticas – Carbam: Estudo de longo termo do balanço do carbono da Amazônia (nº 16/02018-2); Modalidade Projeto Temático; Programa Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais; Pesquisadora responsável Luciana Gatti (Inpe); Investimento R\$ 3.592.308,47.

TEMPORAIS NA

ENTRE 70 MIL E 10 MIL ANOS ATRÁS, HOUVE PERÍODOS REITERADOS DE AUMENTO NOS NÍVEIS DE PLUVIOSIDADE AO NORTE DA **FOZ DO RIO DOCE**, NO ESPÍRITO SANTO (*PONTO EM BRANCO*), SEGUNDO NOVO ESTUDO

Na última glaciação, as chuvas torrenciais sobre o território brasileiro teriam se concentrado no Nordeste e na Amazônia

Eduardo Geraque

ERA DO GELO

A análise de 14 amostras de sedimentos coletadas no talude da costa brasileira, zona submersa de transição entre a plataforma continental e a planície abissal, desde o extremo sul do Rio Grande do Sul até o norte da Amazônia, indica que teriam ocorrido dois padrões de chuva distintos no território brasileiro durante o último período glacial, especialmente entre 70 mil e 10 mil anos atrás. Ao norte do rio Doce, que corta Minas Gerais e Espírito Santo, teria havido aumentos recorrentes e significativos de pluviosidade ao longo da chamada Era do Gelo. Abaixo desse curso d'água, que se encontra a cerca de 20 graus de latitude sul, o fenômeno não foi verificado, segundo artigo científico de pesquisadores brasileiros e alemães publicado em dezembro na revista *Quaternary Science Reviews*.

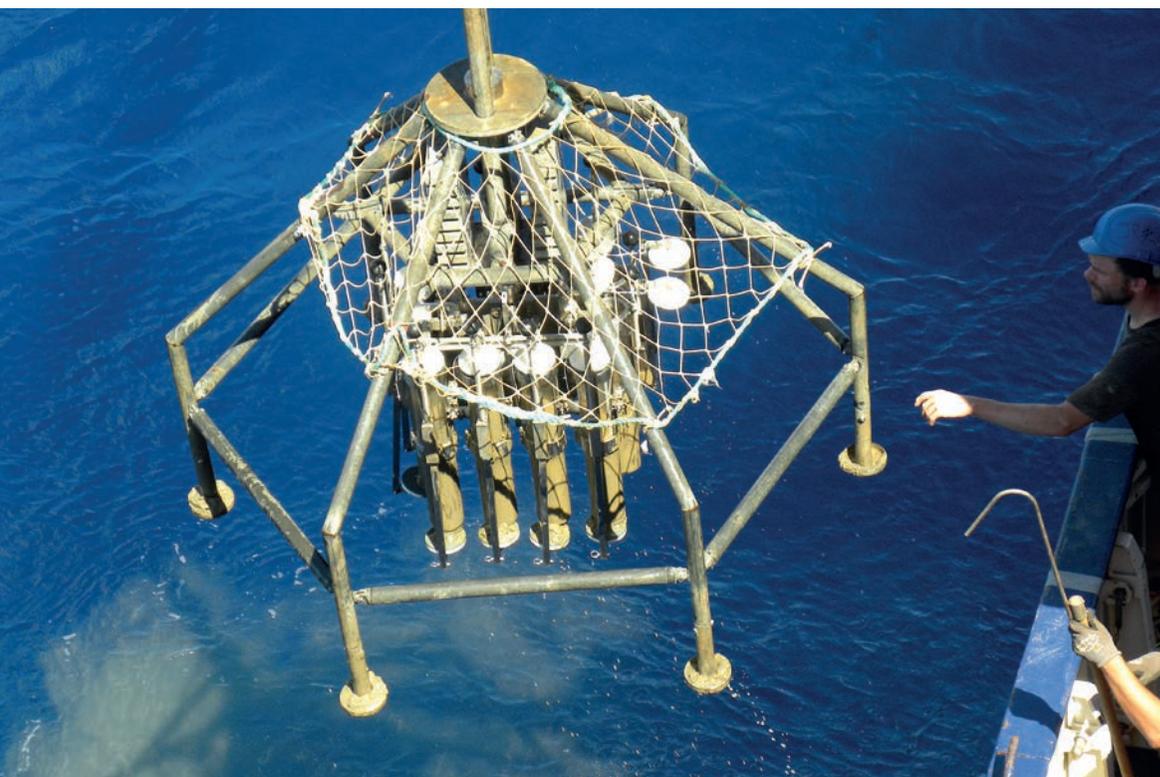
Nas áreas em que houve reiteradas subidas frequentes dos índices de pluviosidade, que abrangem o litoral do Nordeste e da Amazônia, a temporada de chuvas intensas teria se concentrado no outono e no inverno. No resto do território brasileiro, nas regiões Sudeste e Sul, os dados sugerem que o clima não apresentou essas alterações. “Estudos anteriores diziam que as elevações frequentes de pluviosidade durante a última glaciação teriam ocorrido em todo o território brasileiro e que as chuvas mais intensas se concentraram no verão”, comenta o geólogo Cristiano M. Chiessi, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP), coordenador do estudo. “Mas os dados do nosso trabalho não corroboram essa visão.”

A composição geoquímica dos testemunhos de sedimentos, como são chamadas essas amostras, foi determinada por análises de fluorescência de raios X e forneceu parâmetros que permitiram inferir o regime de chuvas do passado. De acordo com a proporção de material de origem marinha, como o cálcio, que em sua maioria advém de conchas, e de sedimentos de proveniência continental, é possível reconstituir o padrão de pluviosidade de uma região. Quanto mais chuva cai sobre um continente, maior é a erosão e o transporte de sedimentos terrígenos, de origem continental, pelos rios até sua foz no oceano. Além de recorrer à análise dos testemunhos, dos quais um deles foi obtido pelos autores do artigo (os demais foram consultados na literatura científica), os pesquisadores rodaram modelos climáticos para recriar o provável regime de chuvas sobre o Brasil durante a última glaciação.

Como não havia nenhuma amostra de sedimentos de um trecho importante do litoral bra-

sileiro, entre o Espírito Santo e a Paraíba, o grupo de Chiessi teve de obter um testemunho que cobrisse esse vazio de dados. O local escolhido para fornecer o material foi a desembocadura do rio São Francisco, na divisa de Sergipe e Alagoas. A bordo do navio alemão RV Meteor, os pesquisadores participaram de uma expedição oceanográfica em 2016 e retiraram uma amostra de sedimentos – um cilindro de 10,4 metros de extensão – de um talude localizado ao largo da foz do rio. “Esse testemunho recebeu sedimentos terrígenos oriundos do rio São Francisco pelo menos durante os últimos 70 mil anos”, diz Marília C. Campos, que faz doutorado sob orientação de Chiessi e é a principal autora do artigo.

Durante o último período glacial, ocorreram mudanças climáticas abruptas, que afetaram em menor ou maior grau todos os continentes. Independentemente de ser inverno ou verão, as temperaturas médias ficaram na maior parte da última glaciação 16 graus Celsius mais baixas do que as medidas atualmente na região do polo Norte. As geleiras avançaram rumo ao Equador na América do Norte, na Europa e na Ásia. A situação, entretanto, ficou ainda mais dramática durante seis intervalos de tempo entre 63 e 15 mil anos atrás. Nesses intervalos, as temperaturas no hemisfério Norte despencaram ainda mais, e os icebergs chegaram até o sul da península Ibérica. Esses momentos de alterações climáticas mais drásticas foram descritos em 1988 pelo geólogo marinho e climatologista alemão Hartmut Heinrich, que, até 2017, trabalhou na agência federal hidrográfica e marítima da Alemanha (BSH). Por isso, eles são denominados eventos Heinrich.



Coleta de sedimentos na foz do rio São Francisco realizada em 2016 durante expedição oceanográfica do navio alemão RV Meteor

A duração desses momentos mais extremados variou entre algumas centenas e uns poucos milhares de anos. Nos trópicos da América do Sul, durante os eventos Heinrich, as mudanças de temperatura foram brandas. Em compensação, choveu muito mais. No caso do Brasil, o novo trabalho sugere que a distribuição geográfica dessas chuvas torrenciais sobre a área litorânea não foi uniforme. O grupo de Chiessi até propôs um novo mecanismo para explicar a profusão de chuvas acima do rio Doce e a escassez abaixo.

A hipótese dominante, com base na literatura científica, previa que os períodos de elevação exagerada de pluviosidade na Amazônia e no Nordeste estavam associados a uma cadeia de fenômenos climáticos fundamentalmente atrelados aos períodos de verão. Boa parte dessas tempestades, segundo ainda as teses mais aceitas, ganhava volume a partir da umidade proveniente da evaporação das águas da porção tropical do Atlântico Norte. “Mas nosso trabalho traz evidências de que o mecanismo responsável pelo aumento das chuvas nessas duas regiões do Brasil durante os eventos Heinrich é outro, que, até agora, não figurava na literatura científica”, diz Chiessi. Segundo ele, a evaporação do Atlântico Norte não tem relação com as tempestades da Era do Gelo na parte setentrional da costa brasileira.

As alterações drásticas do clima no passado, enquanto o homem moderno colonizava os continentes do planeta, teriam sido produzidas por diminuições, também abruptas, na intensidade da grande circulação das águas do Atlântico. A chamada Célula de Revolvimento Meridional é uma circulação oceânica de larga escala que carrega águas quentes, salinas e superficiais do Atlântico Sul até as altas latitudes do Atlântico Norte. As águas viajam na superfície do oceano de Salvador até Reykjavík, na Islândia, de onde se deslocam, dessa vez no sentido sul e em profundidade, até as proximidades da Antártida. A importância desses deslocamentos gigantesco de água é enorme para toda a engenharia do clima planetário. Estima-se que a quantidade de energia transportada por segundo pela grande circulação do Atlântico é quase 100 mil vezes maior do que a produzida pela usina hidrelétrica de Itaipu com todas as turbinas em operação.

Segundo o geólogo da USP, ao longo do trajeto rumo ao Norte, a intensa evaporação em baixas latitudes, mais perto do Equador, faria com que as águas oceânicas que estão sendo transportadas ficassem ainda mais salinas. Em seguida, seu resfriamento, nas altas latitudes, provocaria uma contração de volume. A maior salinidade e o menor volume deixariam as águas mais densas. Elas então submergiriam até quase 2 mil metros de profundidade e “viajariam” por milhares de

quilômetros no fundo do oceano até a região antártica, onde voltariam a emergir. A diminuição dessa circulação oceânica teria sido responsável por bagunçar o regime de chuvas ao longo da região litorânea durante a última era glacial.

O grupo de Chiessi percebeu uma coincidência interessante entre o regime de chuvas do clima do passado glacial e a biodiversidade atual da Mata Atlântica. O rio Doce, que separava a zona que sofreu alterações drásticas ao norte daquela que teve clima menos variável ao sul, também é considerado uma espécie de linha divisória entre dois padrões de fauna e flora da Mata Atlântica. Muitas espécies de anfíbios e de répteis que ocorrem na porção norte desse bioma não são encontradas na sul. “É possível que o desenvolvimento das espécies de Mata Atlântica ao norte de 20 graus de latitude Sul tenha sido marcado, e até certo ponto controlado, pela ocorrência periódica de aumentos torrenciais de precipitação”, opina o geólogo. “Isso não deve ter ocorrido na parte sul desse bioma.”

A bióloga Cristina Miyaki, do Instituto de Biociências da USP, evita, no entanto, atribuir um papel exclusivo ao padrão não uniforme de chuvas torrenciais na costa brasileira durante a última glaciação como fator explicativo das diferenças encontradas ao longo da Mata Atlântica. Apesar de existirem vários trabalhos que mostram padrões distintos de diferenciação da fauna no norte e no sul do bioma, há também trabalhos feitos com grupos de aves, por exemplo, que não confirmam essa dicotomia. “Não me parece razoável supor que a evolução da biodiversidade dependeu somente de mudanças climáticas”, comenta Miyaki. “Por exemplo, alterações resultantes de atividades orogênicas [do processo de formação de montanhas] também podem ter sido importantes, assim como interações entre diferentes grupos de animais. Ou seja, a história dos organismos é bastante complexa e diferentes espécies responderam e respondem de modo diferente à mesma mudança.” ■

Projetos

1. Perspectivas pretéritas sobre limiares críticos do sistema climático: A floresta amazônica e a célula de revolvimento meridional do Atlântico (PPTeam) (nº 18/15123-4); **Modalidade** Jovem Pesquisador; **Programa** Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PPMCG); **Pesquisador responsável** Cristiano M. Chiessi (USP); **Investimento** R\$ 2.401.446,16.
2. Ocorrência e impacto da mega-Zona de Convergência do Atlântico Sul na porção leste da América do Sul durante o último período glacial: Uma abordagem paleoceanográfica (nº 16/10242-0); **Modalidade** Bolsa de doutorado; **Pesquisador responsável** Cristiano M. Chiessi (USP); **Bolsista** Marília C. Campos; **Investimento** R\$ 216.508,38.

Artigo científico

CAMPOS, M. C. *et al.* A new mechanism for millennial scale positive precipitation anomalies over tropical South America. **Quaternary Science Reviews**. v. 225. 1º dez. 2019.

AS PRIMEIRAS IMAGENS

Em teste inicial, o Sirius, nova fonte de luz síncrotron brasileira, produz microtomografia de rocha e de coração

Ricardo Zorzetto

Em dezembro, foram obtidas as primeiras microtomografias de raios X produzidas pelo maior e mais complexo instrumento de pesquisa já construído no país: o Sirius, uma das mais avançadas fontes de luz síncrotron do mundo. As imagens mostravam detalhes de uma rocha e do coração de um camundongo. “Essas primeiras microtomografias de rochas demonstram a funcionalidade dessa grande máquina”, afirma o físico Antônio José Roque da Silva, diretor do CNPEM e responsável pelo projeto Sirius.

Instalado no *campus* do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas, interior de São Paulo, o Sirius ocupa um prédio em forma de *donut* de 68 mil metros quadrados, com temperatura controlada e erguido sobre uma espessa base de um concreto especial para absorver vibrações do solo. Em seu interior, estão instalados três aceleradores de partículas conectados entre si. São eles que devem

gerar e manter circulando em um anel de 518 metros de circunferência, a uma velocidade muito próxima à da luz, um feixe de partículas de carga elétrica negativa (elétrons) com espessura milhares de vezes inferior à de um fio de cabelo. Poderosos ímãs acoplados ao anel forçam as partículas a sofrer pequenos desvios até completar o círculo. A cada alteração na trajetória, os elétrons perdem parte de sua energia na forma de uma luz especial: a radiação síncrotron (em especial na faixa dos raios X), que penetra até mesmo nos materiais mais densos, como rochas, permitindo estudar sua estrutura na escala dos átomos.

As imagens de dezembro foram produzidas menos de um mês após o trio de aceleradores ter funcionado, pela primeira vez, em conjunto. Elétrons gerados no primeiro acelerador foram impulsionados em linha reta até quase a velocidade da luz e injetados no segundo acelerador, em forma de anel. Ali, eles ganharam energia e foram direcionados

para o terceiro, chamado de anel de armazenamento, de onde se extrai a radiação síncrotron.

Para que isso ocorresse, foi necessário que os milhares de componentes da máquina (ímãs, sensores de posição das partículas, câmeras de vácuo, circuitos elétricos e computadores) trabalhassem ajustados e em sincronia. Para se ter uma ideia da complexidade da tarefa, as peças dos aceleradores têm de estar alinhadas com precisão de micrômetros (milésimos de milímetro) para que o feixe de elétrons se mantenha estável no anel de armazenamento. O prédio do Sirius é novo – foi inaugurado em novembro de 2018 – e sua estrutura ainda sofre movimentos sutis pela acomodação do terreno. Elas causam alterações na trajetória dos elétrons, que, apesar de serem da ordem de micrômetros, são suficientes para destruir o feixe de partículas.

No primeiro teste integrado, feito em novembro, as partículas completaram apenas duas voltas no anel de armaze-





Instalações
do Sirius, em
Campinas

namento. Aprimoramentos na calibragem do sistema de correção da órbita das partículas feitas nas semanas seguintes aumentaram a estabilidade do feixe. Em meados de dezembro, os elétrons já completavam 150 voltas, realizadas em brevíssimos 250 milionésimos de segundo. Quando atingir a capacidade plena de funcionamento, a máquina permanecerá ligada ininterruptamente, com os elétrons realizando 600 mil voltas por segundo.

Planejado em 2012 com a configuração atual, o Sirius é um equipamento orçado em R\$ 1,8 bilhão. Ele começou a ser construído em 2014 para substituir o UVX, a primeira fonte de luz síncrotron do hemisfério Sul que, nos últimos anos, havia deixado de ser competitiva. Equipes do CNPEM projetaram o novo equipamento e encomendaram a empresas nacionais de alta tecnologia a maior parte de suas peças. Em cinco anos, o prédio foi erguido e os aceleradores de partículas instalados.

Simultaneamente aos testes dos aceleradores, as equipes do CNPEM trabalhavam na montagem das três primeiras 13 estações experimentais que integrarão o Sirius. A primeira a ficar pronta será a Manacá, que estava quase concluída em dezembro. Essa estação receberá luz síncrotron na frequência dos raios X e permitirá fazer imagens tridimensionais de proteínas, com a localização precisa de cada átomo, algo importante para o desenvolvimento de fármacos. Segundo a direção do CNPEM, até março, ao menos outra estação deve estar completa – a CATERETÊ, que será capaz de obter imagens tridimensionais de células vivas e registrar fenômenos muito rápidos, como alterações na molécula de DNA – e uma terceira parcialmente pronta, a Mogno, voltada para estudar materiais mais densos, como rochas.

Em 11 de dezembro entraram na conta do CNPEM R\$ 180 milhões, o equivalente a 80% do orçamento de 2019 – o resto já havia sido recebido. Com esse valor,

segundo a direção do centro, será possível iniciar a montagem de mais três ou quatro estações experimentais neste ano. A previsão é que, a partir do segundo semestre, pesquisadores com mais experiência no uso desse tipo de equipamento iniciem os primeiros experimentos no Sirius, que deve estar completo no fim de 2021. “Em pouco mais de cinco anos estamos conseguindo colocar o Sirius para funcionar, mesmo com o país tendo atravessado uma das piores crises de sua história recente”, conta Silva.

Quando estiver em pleno funcionamento, o Sirius, o primeiro equipamento de quarta geração do hemisfério Sul, terá dois competidores diretos: o MAX IV, a primeira fonte de luz síncrotron de quarta geração, já em operação na Suécia, e a fonte extrabrilhante (EBS) do European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), na França, o primeiro equipamento de terceira geração do mundo, que passa por aprimoramento para se tornar uma máquina de quarta geração. ■

UM DIAGNÓSTICO DO ERRO MÉDICO

Estudos recentes dimensionam as falhas das equipes de hospitais e mostram como superá-las

Carlos Fioravanti

VERSÃO ATUALIZADA EM 07/01/2020

19.432.818

pessoas tratadas em hospitais do Brasil em 2017

Todo ano, dos 19,4 milhões de pessoas tratadas em hospitais no Brasil, 1,3 milhão sofre pelo menos um efeito colateral causado por negligência ou imprudência durante o tratamento médico. Pode ser o joelho esquerdo operado em vez do direito ou um analgésico que causou alergia grave em um paciente que já havia notificado sua sensibilidade ao medicamento, entre outras situações possíveis. A consequência pode ser fatal: quase 55 mil pessoas morrem por ano no país, o equivalente a seis por hora, por causa dos chamados erros médicos. Os dados são de um levantamento do Instituto de Estudos de Saúde Suplementar da Universidade Federal de Minas Gerais (Iess-UFGM), com base em registros de prontuários de 182 hospitais do país, de abril de 2017 a março de 2018, que serviram de base para extrapolar a situação para os cerca de 6 mil hospitais do Brasil. Com estudos como esse, publicado em 2018, o erro médico, tema indesejado e pouco pesquisado, ganha contornos mais claros e motiva programas de melhoria em instituições públicas e privadas.

Reduzir danos e mortes causados por erros evitáveis durante o tratamento médico é um desafio mundial. A Organização Mundial da Saúde (OMS), que debateu essa questão pela primeira vez em sua assembleia geral de 2002, estima que, todo ano, esse problema deve causar a morte de 2,6 milhões de pessoas – ou cinco a cada minuto. De acordo com os documentos da OMS e estudos de pesquisadores, as também chamadas falhas assistenciais

resultam do excesso de horas de trabalho, da formação deficiente dos profissionais da saúde, de procedimentos de segurança não seguidos e da comunicação ineficiente em dois níveis, entre a equipe médica e desta com os pacientes. Muitas mortes e danos poderiam ser evitados com mais atenção às regras de trabalho, como a identificação correta dos pacientes para evitar erros de medicação, e ajustes nos procedimentos rotineiros, como a troca de etiqueta de um remédio para que não seja confundido com outro.

Com base em 70 artigos de grupos dos Estados Unidos, Europa e países de outros continentes que avaliaram as consequências do atendimento a 337.025 pacientes, uma equipe de pesquisadores britânicos coordenada pela psicóloga Maria Panagioti, da Universidade de Manchester, Reino Unido, concluiu que uma em cada 20 pessoas atendidas em hospitais sofre algum tipo de dano evitável, como detalhado em um artigo de julho de 2019 no *British Medical Journal* (BMJ). Nos Estados Unidos, esse tema começou a ser debatido abertamente em 1999, com a publicação do livro *Errear é humano – Construindo um sistema de saúde mais seguro* (*To err is human: Building a safer health system*) da Academia Nacional de Medicina dos Estados Unidos, organização não governamental também conhecida como Instituto de Medicina. Responsável por 210 mil a 400 mil mortes por ano, o erro médico representa a terceira causa de morte entre os norte-americanos, após doenças cardiovasculares e câncer.

1.299.540

sofreram pelo menos um evento adverso (imprevisto que pode ou não incluir falha médica)

329.338

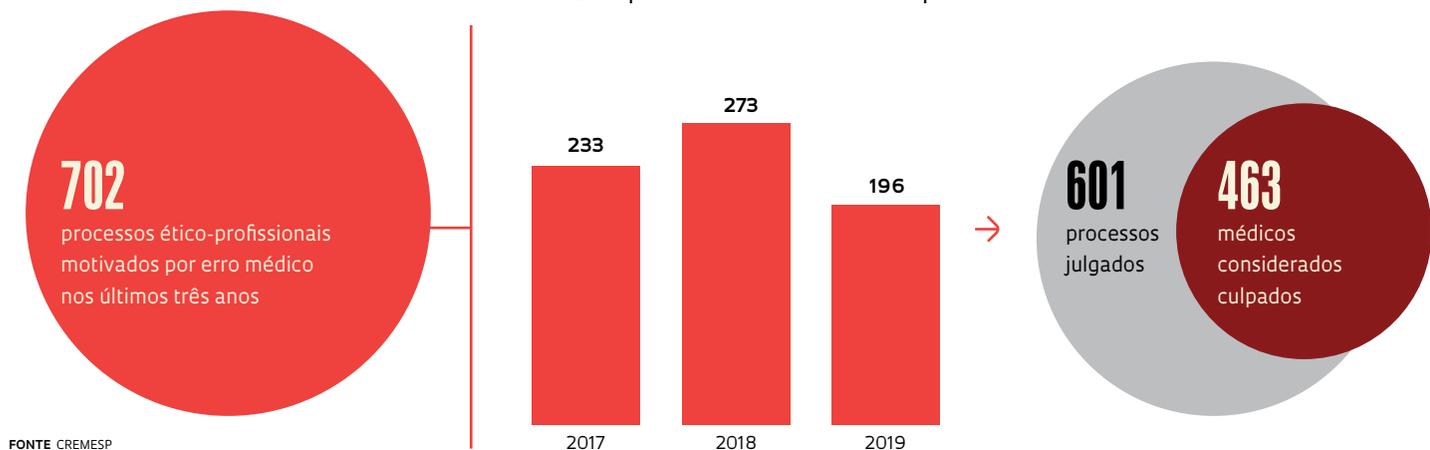
sofreram pelo menos um evento adverso, com risco de morte

54.769

morreram por causa dos erros médicos, o equivalente a seis por hora

Médicos *sub judice*

Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo avalia anualmente cerca de 200 processos administrativos por erro médico



FONTE CREMESP

“Nos Estados Unidos, o problema não está resolvido, mas existe a obrigatoriedade, por lei, de as equipes médicas comunicarem as condutas e os eventuais erros para os pacientes”, comenta o psicólogo Vitor Mendonça, pesquisador da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP). Em 2016 e 2017, como parte de seu estágio de pós-doutorado na Universidade de Washington, em Seattle, Estados Unidos, ele treinou médicos residentes em clínica médica, discutindo formas de agir se cometessem erros. Ele sugeria que pedissem desculpas várias vezes ao paciente, mostrassem empatia e oferecessem ajuda, de acordo com uma metodologia proposta por seu supervisor, Thomas Gallagher.

Em um artigo de setembro de 2019 na revista *HEC Forum*, Mendonça, Gallagher e Reinaldo Oliveira, da FM-USP, observaram que esse assunto, no Brasil, raramente é discutido durante a formação dos médicos, que dificilmente contam com apoio psicológico para superar a angústia que pode se seguir a um resultado inesperado. “O maior erro é não identificar as causas dos imprevistos e corrigi-las com rapidez, aprimorando os processos de trabalho, continuamente, como se faz na aviação”, diz o médico Renato Couto, professor da Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais e coordenador do estudo do Iess.

“No Brasil, a tendência ainda é esconder o erro, em vez de entendê-lo como parte do processo de trabalho”, observa a médica e advogada Isabel Braga, pesquisadora da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) do Rio de Janeiro. Em um de seus estudos, de abril de 2018 na revista *Einstein*, do hospital paulista homônimo, ela analisou as decisões em 34 processos judiciais sobre erro médico no estado de São Paulo de janeiro de 2011 a dezembro de 2016, com 73% de condenação dos médicos em primeira instância. As especialidades mais expostas aos erros foram clínica de serviços de emergência, com 10 casos; obstetrícia, com oito; e cirurgia, com sete (cinco de cirurgia geral, um de plástica e um de urológica).

Braga observou que os danos decorrentes do parto eram a principal razão das queixas judiciais (17,6%), motivadas também, em seu levantamento, por duas meningites não diagnosticadas, uma leptospirose identificada como dengue, uma perfuração da veia ilíaca durante uma cirurgia de quadril, uma reação alérgica intensa após aplicação de penicilina, uma remoção de laringe com base em um exame falso de malignidade e uma administração do soro antiofídico errado.

Seu estudo indicou que os processos judiciais movidos pelos pacientes tendem a ser motivados por ações que re-

sultam em erros que poderiam ser identificados com rapidez. “As ações com consequências a longo prazo, mesmo sem base científica clara, como os tratamentos dermatológicos ou hormonais, dificilmente motivam processos judiciais pelas alegadas vítimas, porque os supostos efeitos dos erros dificilmente podem ser provados”, diz ela.

Estudos realizados em outros estados retratam situações semelhantes. Daniel Carlos Neto, advogado e médico brasileiro que faz doutorado em saúde pública na Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales, de Buenos Aires, Argentina, verificou que a negligência era a principal causa (58,6%) dos erros médicos nos 58 processos julgados no estado de Rondônia de janeiro de 2015 a abril de 2018. Em um artigo de maio de 2019 na *Revista Eletrônica Acervo Saúde* em que apresenta esses resultados, ele definiu negligência como “inação, indolência, inércia ou passividade”. Outra causa de erro médico é a ignorância culpável, quando o profissional de saúde deveria ter se atualizado em determinado tema ou procedimento consensual no tratamento de doenças e não o fez.

Os profissionais da área médica que cometem algum tipo de erro médico podem sofrer processos em três esferas. A primeira é a Justiça Civil, por meio da qual o paciente e familiares podem pedir ressarcimento financeiro aos pro-

PENALIDADES

- o 105 advertências confidenciais em aviso reservado
- o 185 censuras confidenciais em aviso reservado
- o 119 censuras públicas em publicação oficial
- o 41 suspensões do exercício profissional por 30 dias
- o 13 cassações do exercício profissional sujeitas à ratificação (*ad referendum*) do Conselho Federal de Medicina

fissionais da saúde, às instituições ou ao Estado como forma de compensação aos alegados erros, após sua comprovação. A outra é a Justiça Penal, para erros que causem danos à integridade física do paciente, como lesão corporal, homicídio culposo ou omissão de socorro. A terceira é a administrativa, por meio de órgãos de classe, como os conselhos regionais ou federal de medicina, que se restringem ao julgamento de infrações em desacordo com o Código de Ética Médica, cuja pena pode ser desde uma advertência até a cassação do direito de exercer a medicina. O Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo (Cremesp) instaurou 702 processos ético-profissionais motivados por erro médico nos últimos três anos. Nesse período, 463 médicos foram considerados culpados: a maioria recebeu advertências confidenciais e 13 penas de cassação do exercício profissional (*ver gráfico*).

“Para o médico, pesa mais ser avaliado pelos pares, nos conselhos, do que na Justiça”, concluiu Mendonça. Em seu pós-doutorado, ele entrevistou 20 médicos do município de São Paulo: metade não tinha sofrido processo e a outra metade tinha sido ou estava sendo processada. Os do primeiro grupo relataram ter medo de situações de conflito por causa de seus erros ou mostraram indiferença, alegando que falhas poderiam de fato ocorrer. Os do segundo raramen-

te procuravam ajuda de colegas ou de outros profissionais para falar sobre a situação e se cobravam diante da imagem de infalíveis.

Antes, em seu doutorado, concluído em 2015 no Instituto de Psicologia da USP, Mendonça entrevistou 12 pessoas que tinham sido vítimas de erros médicos. “Mais do que o dinheiro da indenização, as vítimas queriam um pedido de desculpas dos médicos e que a punição os fizessem pensar em suas práticas para o erro não se repetir”, ele observou.

Em outro campo de enfrentamento dos erros médicos, as instituições agem para aprimorar as condutas das equipes médicas, reforçar as chamadas boas práticas clínicas e obter o aval de órgãos certificadores nacionais e internacionais. Em 2017, uma equipe da Secretaria Municipal de Saúde (SMS) de Belo Horizonte começou a avaliar a chamada segurança do paciente nos sete maiores hospitais públicos da cidade. Um dos hospitais apresentou um nível de 85% de qualidade de atendimento e outro 24%. Nos centros médicos com os níveis mais baixos, a identificação dos pacientes, por meio de pulseiras com código de barras, nem sempre era bem-feita ou usada para acompanhar a aplicação de medicamentos e as condutas médicas. Do mesmo modo, o chamado checklist cirúrgico – a verificação de documentação, identidade do paciente, jejum, local ou membro a ser operado, reserva de sangue e materiais a serem usados – estava aquém do desejado.

Por meio de um programa da SMS, os hospitais planejaram o que fazer para cumprir a legislação e melhorar a segurança dos pacientes. Em novembro de 2019, a pediatra Valéria Fonseca, consultora do grupo de inovação em saúde da SMS, visitou novamente os hospitais e notou avanços: “Mesmo hospitais com desempenho inicial baixo deram um salto grande na implantação de medidas de segurança”. Em junho de 2020, o hospital que apresentar os melhores resultados receberá um prêmio de R\$ 1 milhão.

Reforçado em 2015 em razão da morte de uma mulher de 27 anos por falhas médicas, o programa de segurança do Hospital Israelita Albert Einstein, instituição privada de São Paulo, inclui metas de desempenho e reuniões mensais com os quase 300 médicos para debater

falhas nos tratamentos, além de linhas telefônicas pelas quais os pacientes podem pedir que outros médicos refaçam o diagnóstico ou reavaliem os riscos de hemorragias. “Os eventos adversos graves causados por hemorragia caíram de cinco ou seis por ano para zero”, diz Miguel Cendoroglo Neto, diretor-superintendente do hospital. “A despeito das melhorias, enquanto não chegarmos a zero eventos adversos ou infecções hospitalares, não vamos sossegar.”

Melhorar a qualidade de atendimento – e, conseqüentemente, evitar erros – implica evitar a concentração de poder, habitualmente nas mãos dos médicos. “Um dos maiores problemas para melhorar a segurança do paciente é a distância hierárquica, que promove falhas de comunicação e aumenta o risco de erros”, diagnostica o médico intensivista José Mauro Vieira Junior, que em dezembro de 2018 assumiu o cargo de diretor do então recém-criado Instituto de Segurança e Qualidade do Hospital Sírio-Libanês (HSL), de São Paulo. Para trazer novos ares à rotina hospitalar, ele tem apregoado: “Qualquer pessoa da equipe tem autonomia para parar um procedimento se suspeitar de um erro ou identificar um risco para o paciente.”

No HSL, de 2002 para 2018, os registros de situações de risco de erros e dos próprios erros passaram de menos de mil para cerca de 16 mil. “Estamos todos mais atentos para notificar riscos de erros, falhas e oportunidades de melhorias de processos de trabalho”, argumenta Vieira Junior. Em consequência, segundo ele, houve uma queda de 70% nos chamados eventos adversos catastróficos, que causam danos permanentes. É o caso de um dos entrevistados de Vítor Mendonça em seu doutorado: um homem que saiu de um hospital – não identificado na tese – tetraplégico por causa da anestesia, aplicada em uma vértebra errada, antes de uma cirurgia de correção de veias dos testículos. ■

Projeto

Concepções de profissionais da medicina sobre o erro médico nas práticas de saúde em São Paulo: Contribuições para um cuidado ético e humanizado (nº 15/09289-9); Modalidade Bolsa de Pós-doutorado; Pesquisadora responsável Maria Luisa Sandoval Schmidt (USP); Bolsista Vítor Silva Mendonça; Investimento R\$ 441.366,29.

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

TECNOLOGIA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ALGORITMOS PARCIAIS

Como a inteligência artificial absorve padrões discriminatórios e o que a ciência pode fazer para evitar essas distorções

Suzel Tunes

Boa parte dos algoritmos de inteligência artificial (IA) é desenvolvida para identificar padrões de modo a automatizar decisões e facilitar a vida das pessoas. Essa tecnologia pode reconhecer o estilo de música preferida do usuário, o gênero de filmes que lhe interessa ou os assuntos que mais busca no jornal. No entanto, por serem programados para captar modelos de comportamento, os algoritmos também podem replicar comportamentos indesejáveis, como o racismo, a misoginia e a homofobia. Absorvem, reproduzem e, como resultado, robustecem a discriminação e a intolerância vistas na sociedade nas mais variadas formas.

Em agosto de 2019, um estudo realizado por pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) apresentou um exemplo desse círculo vicioso que repercutiu em diversas publicações da imprensa internacional: um processo de radicalização política no YouTube no contexto norte-americano, onde o algoritmo de recomendação tem um importante papel. “Já havia pesquisas qualitativas e reportagens que mostravam o YouTube como um terreno fértil para a proliferação de comunidades obscuras vinculadas à chamada *alt-right* [direita alternativa] norte-americana, cujas ideias são intimamente relacionadas à supremacia branca”, diz o cientista da computação Manoel Horta Ribeiro, atualmente doutorando na Escola Politécnica Federal de Lausanne (EPFL), na Suíça. No mes-

trado realizado na UFMG, sob orientação dos cientistas da computação Wagner Meira Jr. e Virgílio Almeida, ele queria entender como esse fenômeno acontecia.

O grupo vasculhou 331.849 vídeos de 360 canais de diferentes orientações políticas e rastreou 79 milhões de comentários. Um volume imenso de dados, tratável justamente graças a recursos de inteligência artificial. “O único trabalho manual foi a classificação dos canais conforme a orientação política”, diz Ribeiro. Os resultados revelaram que os canais supremacistas brancos são beneficiados pela migração de apreciadores de canais politicamente conservadores de conteúdo menos radical.

“Rastreamos a trajetória dos usuários que comentavam vídeos de canais conservadores e descobrimos que, com o passar do tempo, eles falavam sobre vídeos dos canais mais radicais. Havia uma migração consistente dos conteúdos mais leves para os mais extremos, mas não sabemos exatamente como isso ocorre”, explica Ribeiro. “Creio que três razões contribuem para o fenômeno: o formato da mídia, na qual todos podem criar conteúdo e na qual os espectadores interagem muito diretamente com os criadores; o atual cenário político mundial; e o algoritmo, que permite que usuários encontrem ou continuem a consumir conteúdo extremista por meio do sistema de recomendação.”

As pesquisas envolvendo o YouTube vêm se tornando mais relevantes nos últimos anos.



Supremacistas brancos nos Estados Unidos: canais no YouTube desses grupos recebem apoio de internautas conservadores menos radicais, apontam pesquisadores

Segundo Virgílio Almeida, professor emérito do Departamento de Ciência da Computação da UFMG, a plataforma de vídeos já se mostrou muito interessante para a ciência. “O número de usuários é enorme – mais de 2 bilhões no mundo e 70 milhões no Brasil –, assim como seu impacto na sociedade”, diz o pesquisador. Seu departamento se tornou um celeiro de pesquisas sobre o fenômeno das redes sociais.

Almeida começou a se dedicar a esse campo de pesquisa em 2007. Os estudos que tiveram maior repercussão vieram do campo político – polarizado tanto nos Estados Unidos quanto no Brasil. Em 2018, uma análise de discurso de ódio e discriminação em vídeos postados no YouTube por grupos de direita norte-americanos teve destaque na International ACM Conference on Web Science, na Holanda. O trabalho foi reconhecido como o melhor feito por estudantes: os alunos de doutorado Raphael Ottoni, Evandro Cunha, Gabriel Magno e Pedro Bernardina – todos do grupo de Wagner Meira Jr. e Virgílio Almeida.

Para investigar as falas transcritas dos youtubers e os comentários postados nos vídeos, os pesquisadores da UFMG utilizaram as ferramentas Linguistic Inquiry Word Count (LIWC) e Latent Dirichlet Allocation (LDA). O LIWC permite

a classificação de palavras em categorias correspondentes à estrutura das frases (pronomes, verbos, advérbios etc.) e ao conteúdo emocional (se expressam alegria, tristeza, raiva etc.). O LDA busca palavras que possam definir os principais tópicos de uma conversa.

“Utilizamos também uma ferramenta baseada em um teste psicológico para observar o viés dessas postagens”, explica Raphael Ottoni. Essa ferramenta se baseia na comparação das distâncias entre palavras situadas em um mesmo contexto, com a finalidade de estabelecer associações. Isso é feito por meio de técnicas de aprendizado de máquina que convertem palavras de um texto em vetores de números; estes, por sua vez, são usados para calcular a similaridade semântica das palavras. Em um determinado assunto, palavras que se situam mais próximas tendem a estabelecer entre si uma associação de significado. “Palavras como *cristianismo* apareciam no texto associadas com atributos de valor positivo, como bom ou honesto, enquanto *islamismo* era frequentemente relacionada a terrorismo e morte”, exemplifica Ottoni.

Essas técnicas foram aplicadas à conjuntura brasileira. Os pesquisadores estudaram vídeos publicados no YouTube durante o período de

eleições presidenciais de 2018, em 55 canais identificados com posições políticas desde a extrema esquerda até a extrema direita. Mensagens de ódio e teorias conspiratórias foram identificadas com mais frequência nos canais de extrema direita – e foram esses que tiveram maior crescimento no número de visualizações. Os pesquisadores estão agora finalizando um artigo em que apresentarão os resultados dessa análise. Mas, antes mesmo da publicação, o estudo foi citado em agosto de 2019 por uma reportagem do jornal *The New York Times*, que fez uma série sobre a influência do YouTube em diferentes países, com destaque para o Brasil.

Segundo Almeida, outras pesquisas já constataram que os algoritmos de recomendação de notícias e vídeos acabam se valendo da atração humana por notícias negativas e teorias conspiratórias para aumentar o engajamento dos usuários com a plataforma. “Uma pesquisa de um grupo do MIT [Instituto de Tecnologia de Massachusetts] publicada na revista *Science*, em março de 2019, mostrou que os medos, as raivas e as emoções mais extremas são fatores-chave na disseminação de tweets com falsidades”, destaca.

Da mesma maneira que o algoritmo assimila as músicas e os filmes preferidos do usuário, ele também capta suas preferências políticas, razão pela qual as plataformas de compartilhamento de conteúdo – como o Facebook – se transformam em bolhas quase intransponíveis de um determinado espectro político. O usuário recebe apenas as informações que corroboram suas opiniões prévias.

Foi para estudar esse fenômeno – inspirado pelo livro *O filtro invisível* (Zahar, 2012), do ativista norte-americano Eli Pariser – que o cientista da computação norte-americano Christo Wilson, da Northeastern University, em Massachusetts, Estados Unidos, entrou no campo das redes sociais, em 2012. “Minhas pesquisas focavam, originalmente, o estudo da personalização dos algoritmos utilizados pelos mecanismos de busca, e desde então tenho expandido para outros tipos de algoritmos e contextos”, disse o pesquisador para *Pesquisa FAPESP*. Wilson pretende se voltar ao campo da política em 2020: planeja um grande estudo acerca do impacto das redes sociais nas próximas eleições de seu país.

DISCRIMINAÇÃO ALGORÍTMICA

O viés algorítmico pode ser encontrado onde menos se espera – como, por exemplo, nos serviços de assistentes inteligentes de voz do celular. Uma pesquisa realizada em parceria entre a Universidade de Fortaleza (Unifor) e o grupo da UFMG identificou que a eficiência dos assistentes de voz, como Siri, da Apple, e Google, varia

conforme o sotaque e o nível de escolaridade. A cientista da computação Elizabeth Sucupira Furtado, coordenadora do Laboratório de Estudos dos Usuários e da Qualidade em Uso de Sistemas da Unifor, conduziu um estudo com dois grupos de voluntários: moradores da capital cearense, entre os quais vários nascidos em outros estados, e estudantes de uma classe noturna de Educação de Jovens e Adultos. “Os usuários nascidos nas regiões Sudeste e Sul eram mais compreendidos pelos softwares de assistentes de voz do que os demais”, revela a pesquisadora.

Erros de pronúncia (cacoécia), gagueira ou repetição de palavras e truncamentos (disfluência) também prejudicaram o desempenho dos assistentes robóticos. Segundo a pesquisadora, uma vez que o sistema aprende com usuários que têm mais escolaridade, o treinamento dos assistentes de voz tende a se limitar a falas padronizadas. “É importante que as empresas percebam que existe um público que não está sendo atendido”, alerta Furtado.

Nos mecanismos de busca também se ocultam preconceitos. Foi o que demonstrou a cientista da computação Camila Souza Araújo em sua dissertação de mestrado pela UFMG, em 2017. Nos buscadores do Google e do Bing, a pesquisadora procurou pelos termos “mulheres bonitas” e “mulheres feias” e constatou um preconceito de raça e idade. As mulheres identificadas como bonitas eram, majoritariamente, brancas e jovens. O viés se reproduziu na maioria dos 28 países onde o buscador Bing está presente e 41 países que utilizam o Google, mesmo os situados no continente africano.

Ao utilizar sistemas de aprendizagem de máquina, a sociedade corre o risco de perpetuar preconceitos inadvertidamente, graças ao senso comum que vê a matemática como neutra. O engenheiro de dados norte-americano Fred Benenson cunhou um termo para definir esse risco: *mathwashing*. Ele se baseou no *greenwashing*, o uso de estratégias de marketing pelas empresas para simular preocupação ambiental. Da mesma maneira, a ideia de que os algoritmos sejam neutros também beneficia e isenta de responsabilidade quem os utiliza.

Ocorre que os sistemas de inteligência artificial são alimentados por dados, e quem faz a seleção desses dados são seres humanos – que podem ser movidos por preconceitos de forma inconsciente ou intencional. Um exemplo disso foi explicitado por um estudo publicado em outubro na revista *Science*, liderado por um cientista da Universidade da Califórnia em Berkeley, nos Estados Unidos. Em um hospital daquele país, os pesquisadores verificaram que o algoritmo responsável por classificar os pacientes mais necessitados de acompanhamento – por estarem em maior risco –

privilegiava brancos em detrimento de negros. Isso acontecia porque o sistema se baseava nos pagamentos aos planos de saúde, que são maiores no caso de pessoas que têm mais acesso a atendimento médico, e não na probabilidade de cada um ter doenças graves ou crônicas. Essa situação evidencia que a construção do algoritmo pode ser responsável pelo preconceito embutido nos resultados.

EDUCAÇÃO ANTIVIÉS

Proteger a sociedade da desinformação e do preconceito disseminados pela inteligência artificial é um desafio que pode começar a ser superado pela educação. Virgílio Almeida destaca como exemplo a iniciativa de escolas da Finlândia que estimulam as crianças a desenvolverem espírito crítico e identificarem notícias falsas na web, as chamadas *fake news*. Não basta, claro, educar o usuário, é preciso educar também o programador. “Para evitar o viés, uma das maneiras é dispor de dados mais diversos para treinar o algoritmo”, ressalta Almeida.

A estudante de graduação Bruna Thalenberg, uma das fundadoras do Tecs – Grupo de Computação Social, do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP), concorda: “O mundo está em constante mudança, os algoritmos não deveriam repetir o passado”. Fundado em 2017 como uma equipe de extensão,

o Tecs nasceu do diálogo de estudantes da USP com o colega brasileiro Lawrence Muratta, que fazia ciência da computação na Universidade Stanford, nos Estados Unidos, onde já havia um grupo discutindo a questão do viés.

“Sentíamos que o curso de ciência da computação estava muito afastado da sociedade”, conta o ex-aluno Luiz Fernando Galati, que hoje trabalha no Centro de Ensino e Pesquisa em Inovação da Fundação Getúlio Vargas. O objetivo inicial do grupo era promover palestras e debates, mas eles acabaram propondo a inclusão de um novo curso na grade curricular, o que foi feito.

“As palestras que promovemos são oferecidas na disciplina direito e software, sob a supervisão dos professores Daniel Macedo Batista e Fabio Kon”, informa Galati. O Tecs também participa da TechShift Alliance, que reúne 20 organizações de universitários das Américas do Norte, do Sul e da Ásia, dispostos a debater as questões sociais ligadas à inteligência artificial.

Além da reflexão, o Tecs tem o propósito de se dedicar à ação, por meio de projetos que permitam a grupos marginalizados o acesso ao universo digital. Um desses projetos é o ensino de lógica de programação para alunos do Centro de Atendimento Socioeducativo ao Adolescente, a Fundação Casa. “A primeira turma do curso iniciou no segundo semestre de 2018”, informa a estudante Jeniffer Martins da Silva, educadora

Manifestação durante a última campanha presidencial no país: pesquisadores estudaram vídeos publicados durante a disputa eleitoral



FOTOS 1 CRIS FAGA / FOX PRESS PHOTO / FOLHAPRESS 2 PEDRO LADERA / FOLHAPRESS

Na sessão da CPI mista das *fake news* no Congresso esteve em pauta a proliferação de notícias falsas nas eleições de 2018



do projeto. Desde sua criação, mais de 40 jovens já passaram pelo curso.

A própria inteligência artificial também pode oferecer formas de prevenção e controle. Em 2018, pesquisadores da USP e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) lançaram a versão piloto de uma ferramenta digital com objetivo de identificar *fake news* (ver reportagem on-line em bit.ly/igAlgoritmosVies). Ela está disponível, gratuitamente, via web ou WhatsApp. Basta submeter a notícia suspeita ao sistema de verificação. Ao constatar indícios de falsidade, o sistema responde: “Essa notícia pode ser falsa. Por favor, procure outras fontes confiáveis antes de divulgá-la”. Segundo os autores do estudo, o sistema identifica com precisão de até 90% notícias que são totalmente falsas ou totalmente verdadeiras.

Na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), um grupo liderado pelo cientista da computação Anderson Rocha, diretor do Instituto de Computação, tem se dedicado a desenvolver mecanismos de identificação de informações falsas veiculadas em fotos e vídeos. “Utilizamos técnicas de IA para comparar as informações que estão em determinado texto com comentários e possíveis imagens. Ao verificarmos esses três grupos de informação, apontamos a possibilidade de discrepância que pode levar à identificação de notícia falsa”, diz Rocha.

Do setor privado se espera, igualmente, maior transparência. O termo “responsabilidade algorítmica” tem sido cada vez mais utilizado nos debates sobre o uso da IA. Segundo o advogado Rafael Zanatta, especialista em direito digital e pesquisador do grupo de Ética, Tecnologia e Economia Digitais da USP, ainda não existem leis específicas relacionadas aos aspectos discrimina-

tórios de algoritmos, mas já há iniciativas nesse sentido. Nos Estados Unidos, foi apresentado um projeto de lei denominado Algorithmic Accountability Act. Se aprovado, as empresas terão que avaliar se os algoritmos que alimentam os sistemas de IA são tendenciosos ou discriminatórios e se representam um risco de privacidade ou segurança para os consumidores.

Em abril de 2019, a União Europeia divulgou diretrizes éticas para o uso da inteligência artificial, entre elas o estabelecimento de medidas que responsabilizem as empresas pelas consequências sociais da utilização da IA e a possibilidade de intervenção e supervisão humanas no funcionamento do sistema.

No Brasil, também se tentou introduzir em 2019 uma lei prevendo a revisão humana de decisões automatizadas. Um cidadão que se sentisse prejudicado por uma decisão mediada por algoritmos – na concessão de um empréstimo, por exemplo – poderia requerer um revisor para esclarecer os critérios utilizados para a decisão. O projeto, no entanto, foi vetado pela Presidência da República, sensível ao argumento das empresas de que a revisão humana acarretaria custos adicionais. ■

Projeto

Déjà vu: Coerência temporal, espacial e de caracterização de dados heterogêneos para análise e interpretação de integridade (nº 17/12646-3); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Anderson de Rezende Rocha (Unicamp); Investimento R\$ 1.385.219,47.

Artigos científicos

RIBEIRO, M. H. *et al.* Auditing radicalization pathways on YouTube. *arXiv*. 22 ago. 2019.

CAETANO, J. A. *et al.* Characterizing attention cascades in WhatsApp groups. *Proceedings of the 10th ACM Conference on Web Science*. p. 27-36. 26 jun. 2019.

Os demais artigos científicos mencionados estão listados na versão on-line.

O articulador de fármacos nacionais

Farmacologista mineiro dedica a vida ao desenvolvimento de novos medicamentos

Yuri Vasconcelos

Nascido há 70 anos na pequena Coromandel, no oeste de Minas Gerais, e radicado desde os anos 1970 em Santa Catarina, João Batista Calixto é um dos poucos pesquisadores brasileiros que ostentam no currículo a participação no desenvolvimento de dois medicamentos inovadores – um deles o anti-inflamatório Acheflan, a primeira droga totalmente produzida no país, considerando todas as etapas, da pesquisa básica à comercialização – e um produto cosmético lançado pela Natura. Defensor da inovação na área da saúde, dedicou a vida ao estudo e à criação de novos fármacos.

“Desenvolver medicamentos é uma paixão”, afirma o farmacologista, que há seis anos se aposentou da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para montar e assumir a direção do Centro de Inovação e Ensaios Pré-clínicos (CIEnP), em Florianópolis. Financiado pelo governo federal, o centro faz estudos de eficácia e segurança de moléculas com potencial terapêutico, por meio de ensaios *in vitro* e modelos animais, etapas fundamentais do processo de desenvolvimento de novos medicamentos.

Autoridade no estudo de princípios ativos de plantas, Calixto é autor de mais de 300 artigos científicos, que já receberam cerca de 16 mil citações. Durante 37 anos, lecionou na UFSC, onde coordenou um laboratório especializado em ensaios pré-clínicos e ainda atua como professor colaborador. Na entrevista a seguir, concedida nas modernas instalações do CIEnP, o pesquisador falou das dificuldades de inovar no setor de fármacos, sobre o momento atual da ciência brasileira e deu detalhes sobre os produtos que criou.

Quais são os atuais desafios na área farmacêutica?

O principal é criar medicamentos para as chamadas doenças multigênicas, enfermidades crônicas e complexas, como Alzheimer, mal de Parkinson e câncer. Elas resultam do processo natural de envelhecimento e implicam múltiplos alvos farmacológicos, ou seja, muitos processos biológicos a serem controlados. Outras doenças têm apenas um alvo e podem ser tratadas por apenas uma droga, em geral mais simples e fácil de produzir. Medicamentos para doenças multigênicas foram criados nas últimas décadas do século passado. O investimento necessário para fazer drogas mais complexas sobe de forma exponencial e o custo final também – já há tratamentos baseados em terapia gênica custando US\$ 2,3 milhões. A inovação em saúde é a mais cara do mundo e difícil de fazer por ser muito complexa e extremamente regulada. Desenvolver



Calixto: a indústria farmacêutica brasileira surgiu a partir da produção de medicamentos genéricos e não tem como prioridade a inovação

um novo medicamento pode levar de 10 a 15 anos e custar mais de US\$ 1 bilhão, com uma probabilidade de acerto de 1%. A imensa maioria das moléculas morre pelo caminho. Poucos países, entre eles Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, França, Suíça e Japão, dominam o processo da descoberta à comercialização.

O Brasil pode se inserir nesse grupo?

É muito difícil para o país desenvolver medicamentos tão caros e complexos. Estamos em outro estágio. Temos que tratar as doenças decorrentes do envelhecimento e, ao mesmo tempo, as antigas, inclusive as negligenciadas e endêmicas, como malária, Chagas e esquistossomose. Continuamos pagando *royalties* por remédios mais simples, criados nas décadas passadas. O que conseguimos fazer bem foram os medicamentos genéricos, mesmo assim importando matérias-primas. O déficit da área farmacêutica na balança comercial,

incluindo remédios antigos, matérias-primas e drogas novas, supera US\$ 10 bilhões por ano. É mais do que a renda gerada pela agricultura no Mato Grosso, um dos maiores produtores do país.

Em que o país deveria investir?

Deveríamos apostar no desenvolvimento de vacinas e medicamentos tradicionais oriundos da biodiversidade e em inovações incrementais. Precisamos investir em uma indústria que se torne minimamente competente e consiga reduzir o déficit na balança comercial e contribuir para a sustentação do SUS [Sistema Único de Saúde]. Usamos muito dinheiro para importar todo tipo de medicamento e, ao mesmo tempo, estamos lutando para dar conta de novos problemas da área. Em nosso atual estágio de articulação entre centros de pesquisa, governo e empresas, tentar criar drogas para doenças mais complexas é uma batalha perdida.

Enquanto a indústria farmacêutica da Europa e dos Estados Unidos valoriza a inovação e assume riscos, as nossas surgiram a partir da cópia e, portanto, não têm a inovação como prioridade.

Como assim?

Muitos donos de grandes laboratórios nacionais vendiam medicamentos e se tornaram empresários. Hoje, faturam alto com genéricos e biossimilares. Somos o sétimo maior mercado farmacêutico e, como a renda do brasileiro ainda é baixa, há espaço para crescer. A maioria das multinacionais farmacêuticas está aqui e o governo, por meio do SUS, é o maior comprador. O empresário brasileiro não sente necessidade de inovar e, por isso, fica limitado ao mercado local. Esse cenário só vai mudar quando surgirem inovadores jovens. Seria bom termos um unicórnio [startup com valor igual ou superior a US\$ 1 bilhão] na área farmacêutica.

O que falta para isso?

O ambiente de inovação nessa área ainda não está sedimentado no Brasil. Os poucos que investem em empresas nascentes no país nem sempre sabem das dificuldades para colocar uma nova droga no mercado. Há problemas também no sistema regulatório, embora ele venha evoluindo. E os pesquisadores em geral não conhecem as exigências legais necessárias para lançar um produto novo no mercado. Com isso, perdem tempo e dinheiro com testes desnecessários. Mesmo assim, temos bons projetos, embora a maioria seja de inovação incremental, que é a melhoria de um produto já existente.

O que faz o CIEnP?

O CIEnP foi inaugurado em 2014 para fazer ensaios *in vitro* [em células] e estudos pré-clínicos [em modelos animais] de novas moléculas, duas das fases do desenvolvimento de fármacos e cosméticos. Financiado pelos ministérios da Saúde e da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações e pelo governo de Santa Catarina, o centro faz parcerias com universidades, institutos de pesquisa, startups e empresas. Temos várias colaborações focadas em inovação incremental, mas a inovação radical, aquela que custa US\$ 1 bilhão, é difícil de fazer. Aqui não fazemos pesquisa acadêmica, só inovação. Temos um biotério de roedores de padrão internacional e 35 funcionários, sendo 12 com doutorado e cinco com mestrado. A montagem do CIEnP custou por volta de R\$ 30 milhões. O governo federal nos financia desde o início por não sermos ainda autossustentáveis – no melhor momento, o que faturamos correspondeu a 28% do orçamento. Nosso custo anual é de cerca de R\$ 6 milhões. Em razão das dificuldades econômicas do país, houve uma redução brutal na procura pelos nossos serviços em 2019.

Que estratégia adotaram quando as encomendas caíram?

Quando caiu a procura por nossos serviços, basicamente ensaios farmacocinéticos [que determinam como a droga é absorvida e metabolizada pelo organismo], de segurança e eficácia de novas drogas e compostos, revimos nosso escopo de atuação e decidimos dar um passo atrás. Passamos a desenvolver nossos próprios produtos para depois transferi-los para alguma empresa farmacêutica do Brasil



Algumas farmacêuticas brasileiras estão abrindo unidades de P&D fora do país, onde o ambiente de inovação é mais amigável

ou do exterior. No momento estamos negociando dois produtos, um fitoterápico e um cosmético. Se o acordo for fechado, receberemos *royalties* pela primeira vez. Também trabalhamos para a organização não governamental DNDi [Iniciativa Medicamentos para Doenças Negligenciadas]. Há dois anos fazemos estudos pré-clínicos de várias moléculas. Tem também um produto inovador obtido da casca da catuaba [*Trichilia catigua*], estudado por nosso grupo na UFSC há mais de 15 anos. É um trabalho com o Catarinense Pharma, antigo Laboratório Catarinense, parceiro de longa data. Destina-se a tratar depressão leve e moderada e está na fase final de estudo clínico. Se os ensaios transcorrerem bem, o medicamento deverá ser lançado nos próximos anos.

Como foi sua participação no desenvolvimento do fitoterápico Acheflan?

Quando vim para Santa Catarina, em 1976, praticamente não havia no estado uma visão de ciência nem mesmo uma fundação de apoio à pesquisa. Com isso, resolvi fazer parcerias com a iniciativa privada. A primeira foi com o então Laboratório Catarinense, especializado em fitoterápicos, e rendeu frutos e patentes. No fim da década de 1990, começou no país a onda dos genéricos. O laboratório Aché decidiu que não iria fazer genéricos, mas, sim, um projeto de inovação com base em plantas da nossa biodiversidade. Por causa da minha experiência com o Catarinense Pharma, fui convidado

do a fazer parte do grupo. Começamos a trabalhar com 10 plantas brasileiras, entre elas a *Cordia verbenacea*, conhecida popularmente como erva-baleeira, da qual são extraídos os princípios ativos com ações analgésicas e anti-inflamatórias do Acheflan. Era a planta em que a empresa depositava mais esperanças e foi a primeira a dar resultados. Fizemos os estudos pré-clínicos. Em 2005, após 7,5 anos de trabalho, US\$ 7,5 milhões em investimentos e aprovação da Anvisa [Agência Nacional de Vigilância Sanitária], o produto foi lançado. Foi o primeiro medicamento totalmente feito no Brasil, considerando todas as etapas de desenvolvimento. Desde que foi lançado, o Acheflan tornou-se a droga mais vendida no país em sua especialidade, a de analgésicos e anti-inflamatórios de uso tópico. Em dois anos e meio, a receita gerada pela venda pagou o investimento feito nas 10 plantas estudadas.

Como explica esses resultados?

Só aconteceram por causa da paixão de um dos donos do Aché, Victor Siaulys, pela inovação. Ele falava abertamente que não queria morrer sem criar um medicamento inovador. Costumava dizer que, apesar de ter criado um grande laboratório, um dos produtos que ele mais vendia, o descongestionante nasal Sorine, era muito simples. Seu princípio ativo é cloreto de sódio [sal].

Além desse, fez outros produtos que chegaram ao mercado?

Sim, outros dois. Um deles foi um cosmético para a Natura. Em 2005, a Finep [Financiadora de Estudos e Projetos] lançou um edital para financiar medicamentos inovadores. A Natura havia acabado de comprar o laboratório Flora Medicinal, fabricante de fitoterápicos, e chamou nosso grupo da UFSC para estudar melhor um calmante cuja licença da Anvisa estava vencida. O produto era uma mistura de duas plantas, sendo uma delas da família dos maracujás. Tentamos por um tempo, mas não achamos o efeito tranquilizante esperado. No decorrer do estudo, porém, vimos efeitos importantes em uma dessas plantas e sugerimos que tentássemos criar um cosmético, em vez de um remédio. O trabalho resultou em um creme da linha Chronos, o Flavonoides de Passiflora. Esse cosmético rendeu uma patente na Europa e vendeu



Erva-baleeira, planta que serviu de base para o desenvolvimento do Acheflan, primeiro medicamento totalmente feito no país

muito no Brasil. Foi a primeira vez que a UFSC recebeu *royalties* de um projeto de transferência de tecnologia.

E o outro?

Foi um calmante criado pelo Aché a partir daquela lista de 10 plantas com as quais começamos a trabalhar nos anos 1990. Esse fitoterápico, chamado Sintocalmy, foi feito a partir de outra espécie de maracujá, *Passiflora incarnata*. Estudamos a planta, desenvolvemos o produto e o apresentamos na forma de comprimido. O Aché fez um estudo clínico comparativo com o calmante e ansiolítico Diazepam e os resultados foram bons. O fitoterápico foi registrado em 2010 pela Anvisa e hoje vende tanto quanto o Acheflan. Desde que foram lançados, os dois já renderam mais de US\$ 500 milhões. Novamente, com minha equipe do Laboratório de Farmacologia Experimental da UFSC, coordenei os estudos pré-clínicos.

Como fez os ensaios pré-clínicos desses fármacos?

Com muita dificuldade. A universidade não tinha laboratórios apropriados, profissionais totalmente qualificados nem animais de qualidade. Essa experiência fez com que eu fosse convidado pelo governo federal a montar o CIEnP. Mas é preciso deixar claro que só fizemos essas inovações porque tínhamos feito muita ciência básica e publicado muitos artigos científicos e dominado tecnologias de fronteira na área.

Os testes para aprovação de fitoterápicos são mais simples do que os exigidos para registro de moléculas sintéticas?

As etapas de desenvolvimento são basicamente as mesmas, mas o processo para criar um fitoterápico é, sim, mais simples – e a taxa de sucesso é maior. Em grande parte das vezes, a planta que origina o medicamento já é usada pela população há muito tempo. Você não começa do acaso, mas de um conhecimento acumulado. Já as novas moléculas sintéticas nunca foram testadas. As chances de um produto feito de plantas ser mais seguro também são superiores. Muitas moléculas químicas não resultam em novas drogas por serem tóxicas e não por serem ineficazes. As plantas também podem ser tóxicas, mas é menos frequente.

Qual é o papel dos produtos naturais em meio às estratégias de desenvolvimento de medicamentos?

São muito importantes. Cerca de 35% do mercado global de medicamentos, estimado em mais de US\$ 1,2 trilhão por ano, resulta direta ou indiretamente de produtos naturais – plantas, animais e microrganismos. Todos os antibióticos foram produzidos inicialmente a partir de fungos e outros microrganismos. Por volta de 60% dos remédios para tratar câncer são derivados de produtos naturais. Daí a importância deles. Fala-se muito do potencial da biodiversidade da Amazônia, mas não podemos esquecer da Mata Atlântica e do Cerrado.

A biodiversidade é uma das poucas áreas em que o Brasil leva vantagem em relação ao resto do mundo. Temos uma rica biodiversidade, água em abundância e espaço para plantar.

Quais são as vantagens e dificuldades de trabalhar com as empresas no desenvolvimento de novas moléculas com potencial terapêutico?

As empresas dessa área raramente contratam doutores ou contratam muito pouco. A maioria não tem um núcleo de pesquisa e desenvolvimento [P&D] forte. Com isso, durante o desenvolvimento de uma nova droga, é preciso negociar com o dono da empresa ou, eventualmente, com o diretor clínico. Boa parte das decisões sobre o projeto passa pelo dono do laboratório. Além de atrasar o processo, a qualquer momento ele pode decidir interromper o trabalho. Além disso, os laboratórios nacionais não têm um portfólio constante de inovação. Isso não é uma prioridade para eles – nem os culpo, pois há poucos estímulos à inovação no país e as dificuldades são muitas. Algumas farmacêuticas estão abrindo unidades de P&D fora do país, onde o ambiente de inovação é mais amigável.

Que balanço faz de sua vida profissional?

Em 2013, quando estava no auge da minha carreira acadêmica, aposentei-me da UFSC – onde ainda venho atuando como colaborador – para montar o CIEnP. Continuo lutando para ajudar o país a se desenvolver. Esse é o meu objetivo. Já recebi convites para trabalhar na indústria, mas recusei, porque montar um lugar como o CIEnP sempre foi um sonho. Desenvolver medicamentos e ajudar a inovação nas empresas é uma paixão. Sei que é possível. Já provamos isso.

Como vê as atuais dificuldades da ciência brasileira?

Os cortes orçamentários foram grandes e sem precedentes, mas sou otimista. Nessas horas, devemos focar no que realmente importa. O momento atual vai com certeza mudar nossa forma de pensar e fazer ciência. A inovação tecnológica muitas vezes ocorre em momentos de grandes dificuldades sociais e econômicas. Vamos sair dessa crise mais humildes, com mais capacidade de colaborar e apostando na qualidade em detrimento da quantidade. ■

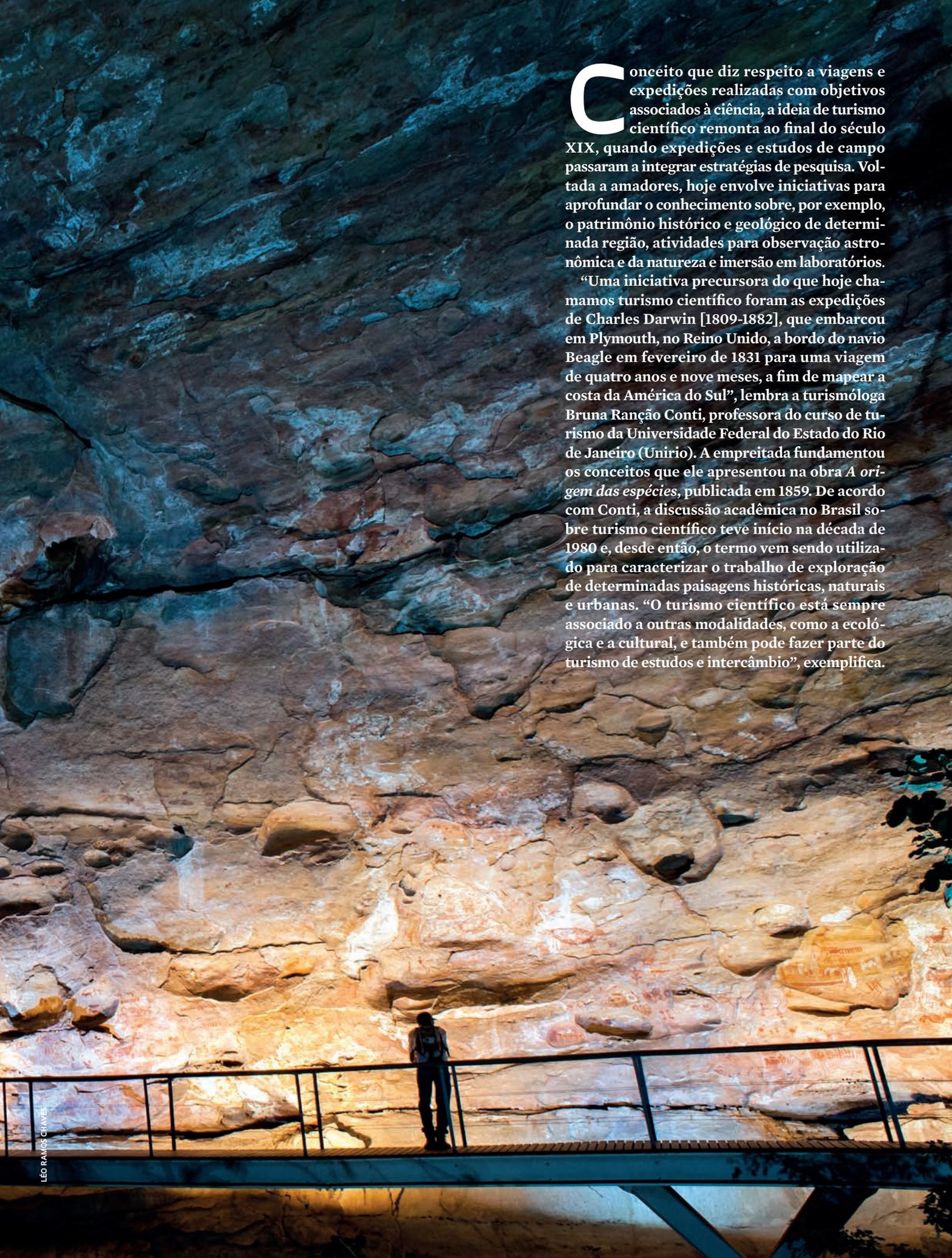
HUMANIDADES TURISMO

SABERES DE VIAGEM

Roteiros combinam conhecimento científico com a exploração de novas paisagens e permitem ao visitante atuar como assistente em atividades de pesquisa

Christina Queiroz

Patrimônio arqueológico do Parque Nacional Serra da Capivara (PI)
reúne cerca de 700 sítios de pinturas rupestres de até 12 mil anos



Conceito que diz respeito a viagens e expedições realizadas com objetivos associados à ciência, a ideia de turismo científico remonta ao final do século XIX, quando expedições e estudos de campo passaram a integrar estratégias de pesquisa. Voltada a amadores, hoje envolve iniciativas para aprofundar o conhecimento sobre, por exemplo, o patrimônio histórico e geológico de determinada região, atividades para observação astronômica e da natureza e imersão em laboratórios.

“Uma iniciativa precursora do que hoje chamamos turismo científico foram as expedições de Charles Darwin [1809-1882], que embarcou em Plymouth, no Reino Unido, a bordo do navio Beagle em fevereiro de 1831 para uma viagem de quatro anos e nove meses, a fim de mapear a costa da América do Sul”, lembra a turismóloga Bruna Ranção Conti, professora do curso de turismo da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio). A empreitada fundamentou os conceitos que ele apresentou na obra *A origem das espécies*, publicada em 1859. De acordo com Conti, a discussão acadêmica no Brasil sobre turismo científico teve início na década de 1980 e, desde então, o termo vem sendo utilizado para caracterizar o trabalho de exploração de determinadas paisagens históricas, naturais e urbanas. “O turismo científico está sempre associado a outras modalidades, como a ecológica e a cultural, e também pode fazer parte do turismo de estudos e intercâmbio”, exemplifica.

Quando associado à cultura, o turismo científico se apresenta como uma experiência em que o visitante terá contato, por exemplo, com costumes e valores do lugar visitado. Relacionado ao ecoturismo, envolve a produção de conhecimento científico em atividades como exploração de cavernas, observação de aves, estudos do meio ambiente em unidades de conservação, entre outras. “No Brasil, um dos principais campos de desenvolvimento dessa modalidade inclui os parques geológicos”, informa a pesquisadora.

Conti é coordenadora do projeto de extensão “Turismo científico — Caminhos de Darwin no Rio de Janeiro”, desenvolvido pela Unirio e instituições como a Casa da Ciência e o Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, ambos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), além do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense (UFF). A iniciativa está mapeando as expedições de Darwin na capital fluminense, entre abril e julho de 1832, com o propósito de transformá-las em pontos de visita, além de promover oficinas pedagógicas em escolas públicas da região, sobre a importância do naturalista britânico.

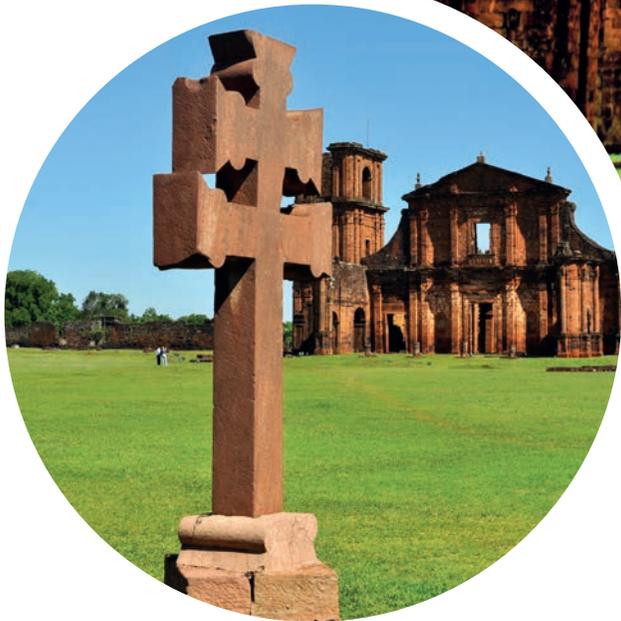
Michel Bregolin, professor do Programa de Pós-graduação em Turismo e Hospitalidade da Universidade de Caxias do Sul (UCS), menciona artigo de 2011, de autoria de Bourlon e Mao, que identifica quatro modalidades principais de turismo científico: explorações de aventura; visitas a lugares naturais ou ao patrimônio histórico e cultural; voluntariado científico, quando, na condição de assistentes, os visitantes podem participar de pesquisas; e viagens feitas para atividades de campo e participação em congressos. A universidade gaúcha integra a Rede Internacional de Pesquisa e Desenvolvimento sobre Turismo Científico. Criada em 2018, atualmente reúne o Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (Ciep), a Universidade Austral de Chile, a Universidade Grenoble Alpes e a Universidade de Québec em Trois-Rivières.

Bregolin conta que a iniciativa para a criação da rede resultou da intenção de replicar a experiência de projeto desenvolvido pelas instituições chilenas, que elaboraram propostas de roteiros turísticos a partir de estudos realizados na região de Aysén, no norte da Patagônia chilena. As atividades abrangem, por exemplo, o registro de animais marinhos nos arquipélagos da região, expedições guiadas a vulcões e aprendizagem de técnicas de pesca artesanal. “A criação da rede prevê a inclusão de instituições espanholas e portuguesas e o desenvolvimento de iniciativas similares em outros países, além do estabeleci-

mento de definição comum para o conceito de turismo científico”, afirma o professor da UCS. Apesar de ainda não haver consenso sobre o termo, duas diretrizes são, segundo ele, consideradas fundamentais para caracterizar a prática. A primeira delas é que a atividade deve contar com a participação de instituições científicas, seja na produção do conteúdo que será compartilhado com os visitantes, seja na organização do roteiro. Além disso, também precisa fomentar o desenvolvimento das comunidades locais.

Alinhado com esses critérios, Bregolin menciona projeto desenvolvido nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul entre 2007 e 2016, com apoio de programa ambiental da Petrobras. A iniciativa identificou os impactos causados pelo tipo de turismo comum praticado na região, que compreende 640 quilômetros (km) de costa, levantando danos à fauna e à flora, ao solo e aos recursos hídricos. Coordenadora do projeto, a bióloga Rosane Maria Lanzer, da UCS, conta que os resultados do estudo foram compilados em três edições de um atlas socioambiental e em material didático distribuído às escolas e aos meios de comunicação. “Estamos, agora, avaliando como aproveitar esse conteúdo para criar atividades de turismo científico nas lagoas, que permitam conciliar a fruição dos recursos naturais com ações de conscientização ambiental”, diz. Segundo ela, atualmente, o turismo é mais desenvolvido na porção norte dessa região de lagoas — e muitas delas estão poluídas. “Com o estabelecimento de práticas turísticas sustentáveis, pretendemos dar um encaminhamento distinto para as visitas da região sul, disseminando conhecimento sobre a biodiversidade e o meio ambiente”, afirma. De acordo com a pesquisadora, o turismo comum busca opções de lazer ou aventura, sem se preocupar com os impactos ou a destruição que a presença de visitantes pode causar nessas paisagens. “Diferentemente dele, o turismo científico envolve pessoas que também desejam obter conhecimentos relacionados a esses lugares e está baseado no desenvolvimento de atividades que garantam sua preservação”, compara Lanzer. Em artigo publicado em agosto de 2019, pesquisadores da Universidade de Turku, na Finlândia, defendem maior participação de cientistas no setor de turismo. Não apenas como forma de reforçar seu papel na conscientização da sociedade sobre a crise climática e a perda de biodiversidade, mas também como oportunidade de ampliação dos canais para a captação de recursos.

Com roteiros que envolvem visitas a ruínas históricas, observação do processo de migração de borboletas ou expedições a parques geológicos, o turismo científico oferece opções a viajantes no Brasil e no exterior. Nas próximas páginas estão destacadas algumas dessas possibilidades.



PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO, CULTURAL E ARTÍSTICO

Inclui visitas a edifícios de interesse histórico e cultural. Declaradas Patrimônio Mundial, Cultural e Natural pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), as **MISSÕES JESUÍTICAS GUARANIS** (acima e à esq.) são cinco edificações construídas durante o processo de evangelização promovido pela Companhia de Jesus nas colônias da Coroa Espanhola na América, durante os séculos XVII e XVIII. Estão localizadas em São Miguel das Missões, no Rio Grande do Sul, e na cidade de San Ignacio Miní, na Argentina. Uma visita ao local, explica a museóloga Margarita Nilda Barretto Angeli, professora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade de Buenos Aires (UBA), permite que as pessoas conheçam parte da história dos dois países, além contribuir para a preservação de bens materiais. “O fomento à visita turística dessas ruínas atrai recursos para as cidades”, diz.

CIÊNCIA NO MEIO URBANO

Richland, Kennewick e Pasco são três cidades localizadas na porção sudeste do estado de Washington, nos Estados Unidos. Conhecidas como **TRI-CITIES**, compartilham o mesmo centro comercial e possuem diversas atrações relacionadas ao universo da ciência. Alguns dos destaques são o planetário Bechtel National Planetarium, uma escavação paleontológica da Idade do Gelo, ocorrida há cerca de 60 milhões de anos, e o Observatório Interferométrico de Ondas Gravitacionais (Ligo). Todas oferecem visitas monitoradas a crianças e adultos.

Em Brasília, o **CIÊNCIA EM AÇÃO** é um aplicativo que sugere roteiros turísticos entre instituições que fazem parte da Rede Distrital de Educação e Divulgação Científica da capital federal, como o Jardim Zoológico (à dir.), o Jardim Botânico, o Museu da Imagem e do Som, o Arquivo Público do Distrito Federal e espaços da Universidade de Brasília (UnB) como o Laboratório de Anatomia Veterinária e o Observatório Sismológico.





PARQUES GEOLÓGICOS

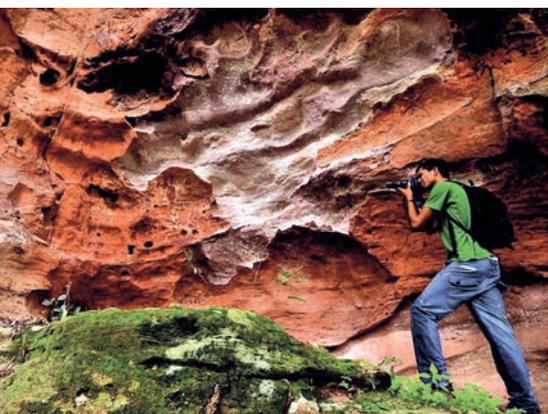
Uma das práticas de turismo científico mais difundidas em todo o mundo, a visitação em parques geológicos se desenvolve em regiões como os **GEOPARQUES**, lugares que têm sítios e paisagens de relevância geológica internacional gerenciados de forma a proteger o patrimônio, informar a população e garantir o desenvolvimento sustentável da região. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) reconhece 127 geoparques em 35 países. “A organização criou o conceito de geoparques em 2004 para preservar regiões que têm o potencial de contar a evolução dos continentes e mostrar a herança geológica da terra”, conta o geólogo Luiz Carlos Borges Ribeiro, pesquisador do Complexo Cultural e Científico de Peirópolis, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM).

A **CHINA** é o país do mundo com a maior quantidade de parques geológicos reconhecidos pela Unesco, 39 no total; seguida pela Espanha, com 13. Um deles, localizado no deserto chinês de **ALXA** (*acima*), envolve três regiões com características geológicas diferentes: os desertos de Badan Jaran (com dunas que atingem alturas de 500 metros) e de Tengger e a região do lago de Juyan.



Parque geológico que busca reconhecimento da Unesco, o **GEOPARK UBERABA — TERRA DE GIGANTES** (*acima e à esq.*) fica em Uberaba, Minas Gerais, e oferece roteiros turísticos para observação de ossos fossilizados do período Cretáceo Superior (99,6 milhões a 65,5 milhões de anos atrás), sobretudo de dinossauros do grupo dos titanossauros. Parte das descobertas foi feita pelo paleontólogo gaúcho Llewellyn Ivor Price (1905-1980), que trabalhou na região entre 1947 e 1974.

No Brasil, o **PARQUE GEOLÓGICO DO ARARIPE**, no Ceará (*abaixo*), é o único atualmente reconhecido pela organização. Está localizado naquela que é considerada a maior bacia sedimentar do interior do Nordeste brasileiro e possui registros geológicos e fósseis do período Cretáceo Inferior (entre 145,5 milhões e 99,6 milhões de anos atrás). Permite aos visitantes entrar em contato com troncos silicificados, impressões de samambaias, coníferas e plantas floridas, moluscos, artrópodes, peixes, anfíbios e répteis do período. Seus depósitos sedimentares preservam grande diversidade de rochas que permitem vislumbrar boa parte da evolução dos ambientes geológicos da região.



4

Criada com a finalidade de garantir a preservação do patrimônio cultural e natural do **PARQUE NACIONAL SERRA DA CAPIVARA, NO PIAUÍ**, a **FUNDAÇÃO MUSEU DO HOMEM AMERICANO (Fumdhm)** desenvolve atividades científicas interdisciplinares, culturais e sociais. Localizada na cidade de São Raimundo Nonato, no Piauí, é responsável por gerenciar o patrimônio arqueológico do parque, que abrange cerca de 700 sítios de pinturas rupestres pré-históricas, com até 12 mil anos, gravadas em paredões de rocha. Além do desenvolvimento de pesquisas, a fundação organiza exposições com o material arqueológico, paleontológico, zoológico e botânico coletado em estudos e promove palestras, encontros e seminários. Desde 1991, o Parque Nacional Serra da Capivara se tornou Patrimônio Cultural da Humanidade da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco).

FOTOS 1, 2, 3, 4 E 5 DIVULGAÇÃO 6 JESUS CABRERA



5

ASTROS E ESTRELAS

O **ASTROTURISMO** surgiu há cerca de 20 anos no Chile, país que abriga 40% dos telescópios ópticos e infravermelhos de grande porte do mundo. Muitos deles estão localizados no deserto do Atacama, que apresenta céu livre de nuvens 90% do tempo. Canadá, Estados Unidos e Espanha também têm observatórios astronômicos e fomentam atividades turísticas para observação do céu.

Na Espanha, a prática era quase inexistente até 2010, quando começaram a surgir empresas dedicadas ao desenvolvimento de rotas de turismo astronômico e rural nas Ilhas Canárias e em cidades do sul do país. Na região, uma das principais atrações é o observatório de **CALAR ALTO** (*acima*), que fica próximo à cidade de Almería. Em torno dele são promovidas atividades em que pesquisadores de astrofísica apresentam noções de mecânica celeste e os participantes aprendem a utilizar telescópios profissionais. Javier Sánchez conta que, por intermédio da empresa que dirige desde 2016, mais de 25 mil pessoas já visitaram o observatório. “Também organizamos atividades de observação do céu noturno no Alhambra, complexo arquitetônico construído em Granada durante a ocupação moura na Andaluzia, entre 1248 e 1354.” Nelas, além de noções básicas sobre a mecânica celeste, são abordados aspectos da história da astronomia islâmica.

Já o observatório **Griffith** (*abaixo*), localizado em um parque municipal de Los Angeles, Estados Unidos, promove exposições artísticas e fotográficas sobre o espaço e permite o uso dos telescópios para observação do céu. Periodicamente, pesquisadores da instituição organizam atividades com os visitantes que envolvem, por exemplo, caminhadas para observação das estrelas.

6





1

NATUREZA E MEIO AMBIENTE

O projeto **ARQUIÉLAGOS PATAGÔNICOS** foi criado a partir de acordo assinado entre o Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (Ciep) e o Fondo Multilateral de Inversiones (Fomin), do Banco Interamericano de Desenvolvimento (Bid). Sua finalidade é fomentar o crescimento socioeconômico das comunidades locais da região de Aysén, no Chile, e contribuir para a conservação dos ecossistemas, por intermédio das atividades turísticas. Como parte de iniciativa liderada pelo geógrafo Fabien Bourlon, o CIEP fez um mapeamento dos estudos científicos ali desenvolvidos, entre 1950 e 2014, passando a incentivar que operadores de turismo inserissem tais conteúdos em suas propostas. Também elaborou um guia com os operadores organizados conforme suas especialidades, entre elas observação de fauna marinha e dos glaciais (*acima*), expedições pelos bosques e para pesca de merluza.

Já a ONG Earthwatch Institute organiza atividades de turismo científico em países da África, Ásia, América do Sul, Europa e América do Norte. Uma delas é uma **EXPEDIÇÃO FLUVIAL PELA AMAZÔNIA PERUANA** (*abaixo*), onde é possível observar animais aquáticos e da floresta, pássaros e espécies da fauna. Em um dos programas, o viajante é convidado a atuar como pesquisador da organização, colaborando com estudos sobre a vida selvagem da região, que servem de apoio para o desenvolvimento de estratégias de conservação, em parceria com a comunidade local.

2



Fundado em 1996 e com base em Chamonix, na França, o **RESEARCH CENTER FOR ALPINE ECOSYSTEMS** é uma organização independente especializada no desenvolvimento de investigações científicas sobre o meio ambiente dos ecossistemas alpinos (*à dir.*). Possui um modelo híbrido de atuação, que conjuga laboratório acadêmico com organização de trabalho de campo. Oferece programas educativos para estudantes universitários de qualquer parte do mundo.



4

Declarada Patrimônio da Humanidade pela Unesco em 2008, a **RESERVA DA BIOSFERA DA BORBOLETA MONARCA** (*à esq.*) fica na cidade de Angangueo, no México. Fugindo do frio, e em busca de um lugar adequado para reproduzir, entre outubro e novembro essas borboletas saem do noroeste dos Estados Unidos e do sul do Canadá e percorrem cerca de 4,5 mil km até chegar na reserva – onde é possível conhecer o ciclo de vida do inseto e sua importância na promoção do equilíbrio ecológico da região.



3

No Brasil, o **PROJETO TAMAR** (*à dir.*) promove pesquisas relacionadas com a conservação de cinco espécies de tartarugas marinhas ameaçadas de extinção. Criado em 1980, atua em 25 municípios, nos lugares de alimentação, desova, crescimento e descanso desses animais, que possuem ampla capacidade migratória e podem viver de três semanas a nove meses. A partir de convênios firmados com universidades nacionais e estrangeiras, oferece programas de estudos relacionados com o ciclo de vida das tartarugas. Em seus centros de pesquisa, recebe visitantes e organiza campanhas de educação ambiental.



5

Também promovido na região de Aysén, o **CENSO COMUNITÁRIO DE CETÁCEOS** (*à esq.*) é uma atividade de **VOLUNTARIADO** científico desenvolvida com o apoio da população de povoados insulares ou costeiros, que fica encarregada de registrar dados sobre golfinhos ou baleias avistados. A geógrafa Jacqueline Boldt, da Universidade Austral de Chile, *campus* Patagônia, conta que, em geral, a temporada dura dois meses. “A atividade permite que as pessoas olhem o mar com mais atenção, passando a reconhecer os animais que vivem na região e a frequência com que eles costumam aparecer. Apresenta forte potencial para educação ambiental e conscientização a respeito da necessidade de preservação desses animais”, diz Boldt.

Artigos científicos

RÄIKKÖNEN, J. *et al.* Advancing environmental sustainability through nature-based science tourism: The potential of universities. *Matkailutkimus*. v. 15, p. 66-87. 15 ago. 2019.
BOURLON, F. e MAO, P. Las formas del turismo científico en Aysén, Chile. *Gestión turística*. v. 15, p. 74-98. 2011.

Veja na versão on-line desta reportagem os endereços eletrônicos de todas as instituições e projetos citados.



6

ESPAÇOS DA CIÊNCIA

Reportagens da revista
apresentam lugares interessantes
para o turismo científico

Carlos Fioravanti



Desde que começou a ser publicada, há 20 anos, *Pesquisa FAPESP* apresentou numerosos lugares que merecem ser conhecidos: além de oferecerem belas paisagens, podem ensinar muito sobre plantas, animais, o próprio ser humano e o planeta.

Quem andar pela Amazônia e pela Mata Atlântica poderá ver as florestas como refúgios de espécies de aves, algumas só recentemente identificadas pelos especialistas (ver edições n^{os} 207 e 217), e espaços em contínua transformação (edição n^o 267). Áreas isoladas como os morros cobertos de mata de Minas Gerais e de São Paulo são propícias para a formação de novas espécies de, por exemplo, orquídeas (edições n^{os} 212 e 218).

O turista que se interessa por ciência e lê a revista verá também a Caatinga, espaço enganosamente estéril para a maioria das pessoas, como cenários de intrincados processos ecológicos e rico em espécies exclusivas de árvores, peixes, lagartos e aves

(edições n^{os} 93 e 108). Uma área particularmente rica, sob uma monumental aridez, são as dunas do São Francisco, no norte da Bahia. As areias escaldantes de vegetação rala abrigam “uma fauna maluca”, como a definiu o biólogo Miguel Trefaut Urbano Rodrigues, da Universidade de São Paulo (USP), que visitou a região pela primeira vez em 1980 e 30 anos depois ainda a percorria, sempre encontrando animais fascinantes de cada lado do rio – algumas espécies de lagartos parecem cobras, por causa dos membros curtos. Nas dunas vivem bichos com pequenas diferenças de aparência ou constituição genética, as chamadas espécies irmãs, que compartilham um ancestral comum e seguiram caminhos evolutivos próprios a partir do momento em que o rio as separou.

Com tempo e sorte, o visitante encontrará animais que só vivem ali, como o lagarto *Eurolophosaurus amathites*; um roedor de 20 centímetros, o rabo-de-facho (*Trinomys yonenagae*); e um ba-

Telescópio Gemini, na cidade de Vicuña, no Chile (acima), e Museu da Natureza, na serra da Capivara (à dir.): locais que valem uma visita

curau de 20 centímetros de altura (*Nyctriprogne vielliardi*); todos adaptados às areias tórridas. Nesse Saara brasileiro, os biólogos já identificaram quase 30 espécies e oito gêneros novos de lagartos exclusivos (endêmicos): é mais do que nos desertos norte-americanos ou africanos. As dunas exibem uma diversidade biológica comparável à do arquipélago de Galápagos, em cuja fauna Darwin se baseou para elaborar sua teoria da evolução dos seres vivos (*edições n^{os} 57, 194 e especial FAPESP 50 anos*).

Na Caatinga, o passado se expõe de muitas formas. Várias reportagens descreveram os fósseis excepcionalmente bem preservados de répteis, peixes e plantas de centenas de milhões de anos da chapada do Araripe, que se estende pelos estados do Ceará, de Pernambuco e do Piauí (*edições n^{os} 78, 115 e 283*). Por sua vez, a história da ocupação humana pode ser conhecida por meio dos mais de 1.200 sítios pré-históricos com pinturas rupestres datadas entre 4 mil e 50 mil anos do Parque Nacional da Serra da Capivara, considerado patrimônio cultural da humanidade pela Unesco, e do Museu do Homem Americano, inaugurado em janeiro de 2019, no sul do Piauí próximo ao Museu da Natureza (*edições n^{os} 272 e 275*). Outra área que merece ser visitada é Lagoa Santa, no Cerrado de Minas Gerais, que abrigou populações humanas antigas, com suas próprias culturas. Entre 2001 e 2009, pesquisadores brasileiros exumaram e analisaram 26 sepultamentos humanos realizados 10.500 e 8 mil anos atrás que revelam práticas mortuárias até então desconhecidas (*edição n^o 247*).

A história da Terra pode ser resgatada por meio dos 142 sítios geológicos propostos em 2017 em 81 municípios do estado de São Paulo para incentivar

sua preservação. Em 2012, com o mesmo propósito, a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos apresentou um levantamento nacional, com 116 sítios de relevância geológica, dos quais 16 em São Paulo (*edição n^o 257*). No Rio Grande do Sul, as ruínas dos Sete Povos das Missões, além do valor cultural, guardam registros para entender como o campo magnético natural da Terra varia ao longo dos séculos (*edições n^{os} 97, 244 e 185*).

Os telescópios terrestres convidam para uma viagem ainda mais ampla, por diferentes tipos de paisagens: a geográfica, porque estão localizados em áreas isoladas; a cósmica, ao apresentarem eventos físicos ocorridos em estrelas e galáxias; e a das profundezas da matéria, já que, por vezes, retratam fenômenos entre as partículas elementares. Nessa área, o Brasil faz parte de três consórcios internacionais: o Observatório de Raios Cósmicos Pierre Auger, instalado em planícies semidesérticas do oeste da Argentina (*edições n^{os} 90, 142 e 260*); o Observatório do Sul para Pesquisa Astrofísica (Soar) e o Observatório Gemini, ambos construídos em uma montanha dos Andes chilenos, o Cerro Pachón, a 2.700 metros de altitude (*edições n^{os} 98 e 100*).

Há também lugares em outros países que recebem pesquisadores brasileiros e merecem ser conhecidos, como o Observatório Interferométrico de Ondas Gravitacionais (Ligo), no Instituto de Tecnologia da Califórnia, nos Estados Unidos, por meio do qual se fez a primeira imagem dos arredores de um buraco negro, apresentada em abril de 2019 (*edição n^o 279*), e o Large Hadron Collider (LHC), o maior acelerador de partículas do mundo, instalado na fronteira da Suíça com a França (*edições n^{os} 147 e 270*). ■



As reportagens das edições n^{os} 90 e 247 mostraram pesquisas no Observatório Pierre Auger, na Argentina, e em Lagoa Santa, em Minas Gerais



HISTÓRIA

MEMÓRIAS DA SECA

Articulação entre pesquisadores
e movimentos sociais assegura tombamento
de campo de concentração no Ceará

Christina Queiroz

Ruínas em Senador
Pompeu: alguns
casarões abrigavam
até 300 pessoas



Na década de 1930 foram criados sete campos de concentração no Ceará para confinar retirantes da seca. Único com suas ruínas parcialmente preservadas, o Patu, que funcionou entre 1932 e 1933 na cidade de Senador Pompeu, a cerca de 270 quilômetros (km) de Fortaleza, foi recentemente tombado como patrimônio histórico-cultural do município e agora passa por processo semelhante na esfera estadual. Pesquisadores e integrantes da sociedade civil pressionam a prefeitura para criar um plano de salvaguarda para as ruínas do local. O tombamento municipal foi resultado de um processo iniciado na década de 1990, período em que pesquisas acadêmicas sobre a seca começaram a resgatar a história do campo e movi-

mentos sociais passaram a promover ações voltadas à manutenção de sua memória. Autora de investigações pioneiras sobre o Patu e outros seis campos de concentração criados no estado na década de 1930, a historiadora Kênia Sousa Rios, da Universidade Federal do Ceará (UFC), explica que a origem desses lugares remonta ao final do século XIX, quando algumas famílias de Fortaleza começaram a enriquecer com o cultivo de algodão, motivando um pico de desenvolvimento urbano. Ao mesmo tempo, entre 1877 e 1879, o estado registrou um período de seca intensa, levando 100 mil retirantes a migrar para a capital, que, na ocasião, contava com uma população de cerca de 30 mil habitantes. Famílias de pequenos agricultores, que incluíam idosos, adultos

e crianças, constituíam a maioria dos migrantes, também provenientes de outros estados do Nordeste. “A chegada dessas pessoas desestruturou o processo de desenvolvimento urbano e o estado começou a elaborar estratégias para conter o fluxo de flagelados que vinham à capital”, conta Rios. Ronald de Figueiredo, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* de Tauá, explica que a migração se repetiu na grande seca de 1915, de maneira que o governo criou o campo de concentração de Alagadiço, nas proximidades de Fortaleza, que chegou a abrigar cerca de 8 mil pessoas. “O discurso político da época vendia a ideia de que o local pretendia dar assistência aos retirantes, quando na realidade o objetivo

principal era afastá-los do centro da cidade”, informa. Em pesquisas realizadas em relatórios oficiais da Interventoria do Ceará, publicados em oito jornais da época, entre eles *Gazeta de Notícias*, *O Povo* e *Correio do Ceará*, arquivados no Acervo da Biblioteca Pública de Documentação do Departamento de História da UFC, Rios constatou que foi em 1915 que o governo do estado utilizou pela primeira vez o termo “campo de concentração”, para se referir ao espaço de contenção de flagelados da seca.

A partir de 1930 o crescimento de Fortaleza se intensificou, lembra a historiadora, demandando obras de modernização e remodelamento urbano. Ao mesmo tempo, o movimento de expansão passou a atrair cada vez mais moradores de outras regiões do estado, em busca de melhores condições de vida. “Havia um desejo de modernidade entre a elite da capital, que começou a pressionar o governo para criar mecanismos de controle da circulação de pessoas pobres, que pediam esmolas e eram vistas como potenciais portadoras de doenças ou saqueadoras de mercados”, relata.

Como o espaço de Alagadiço, de 1915, não foi suficiente para conter a ampla migração à capital, na grande seca seguinte, de 1932, o estado decidiu estabelecer outros sete campos de concentração. “Nesse momento, a pressão da população rica se tornou uma política pública”, conta a historiadora. O projeto foi desenvolvido pelo governo do

estado em conjunto com o Ministério de Viação e Obras Públicas do governo de Getúlio Vargas (1882-1954) e previa a criação de espaços para confinamento de flagelados. “Eles eram vigiados o tempo todo e não podiam sair, a não ser para trabalhar em obras públicas ou em engenhos da região. Em troca, recebiam uma refeição diária”, afirma Rios.

Figueiredo, do IFCE, explica que seis campos foram construídos próximos a estações da estrada de ferro de Baturité, utilizada pelos flagelados para chegar até a capital. A linha férrea teve o primeiro trecho aberto em 1872, operando para transporte de passageiros até meados dos anos 1980. Apenas um campo não ficava próximo à linha férrea, sendo que cinco deles funcionavam no interior do estado, enquanto dois, menores, nos arredores de Fortaleza. Na imprensa, o governo apresentava os campos como parte de uma política de amparo e assistência social e os retirantes se dirigiam até eles espontaneamente, iludidos pela promessa de obtenção de alimentos, atendimento médico e hospedagem. “Chegando, se davam conta de que as estruturas eram precárias. Os lugares que alojavam as pessoas eram grandes galpões de palha”, conta a professora da UFC.

De acordo com Rios, os campos de concentração foram concebidos para abrigar 3 mil pessoas, mas alguns recebiam até 18 mil, como foi o caso do Patu. “O lugar é o único que ainda guarda as ruínas da época e por isso tornou-se o mais conhecido”, diz a historiadora.

O campo de Senador Pompeu dispunha de estrutura de alvenaria porque em sua configuração foram aproveitados 12 casarões de estilo neocolonial, construídos para dar suporte às obras de edificação da barragem do rio Patu, em 1919.

Pertencentes ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), que à época se chamava Inspeção Federal de Obras Contra as Secas (Ifocs), em 1932 os edifícios foram cedidos, pela União, para que o governo do estado pudesse instalar o campo de confinamento. Calcula-se que em alguns desses 12 casarões viviam cerca de 300 pessoas. Os flagelados também eram alojados em barracas distribuídas pelo terreno. Embora não existam registros oficiais, estima-se que metade dos que passaram por Patu morreu de fome ou em decorrência de doenças como tifo e sarampo e foi enterrada em valas coletivas. “Livros paroquiais de algumas igrejas da região trazem relatos de padres que visitavam os campos, informando que diariamente davam a extrema-unção para dezenas de pessoas”, conta Rios, que obteve a mesma informação em entrevistas com sobreviventes. Os sete campos funcionaram até 1933, quando as chuvas voltaram e os retirantes regressaram aos seus lugares de origem, com passagens de trem pagas pelo próprio governo. “Alguns desses fluxos se dirigiram a Fortaleza, que experimentou ampliação do processo de favelização”, relata Rios, estimando que mais de 100 mil pessoas passaram pelos campos de concentração do Ceará entre 1932 e 1933.

Djamiro Ferreira Acipreste, do Departamento de Direito da Universidade Regional do Cariri (Urca), lembra que o espectro da Segunda Guerra Mundial, que “formulou um novo pacto civilizatório e humanitário e condenou com veemência os campos de concentração e extermínio do holocausto”, foi decisivo para o desaparecimento de documentos relativos aos campos cearenses. Em seu lugar, o governo passou a construir conjuntos habitacionais na periferia de Fortaleza. Em 1959, com a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), iniciaram-se as discussões sobre como conviver com a seca por meio de políticas de irrigação e projetos de açudes. “A partir de 1945, os campos de concentração foram sendo esquecidos”, conta Acipreste. “Hoje, muitos dos habitantes locais desconhecem sua história.”



Retirantes chegam ao Patu em 1932 atraídos pela promessa de assistência do estado



Em 2014, romaria em Senador Pompeu homenageou os mortos do campo de concentração

Esse era o caso de Figueiredo, do IFCE, morador da cidade do Crato, onde funcionou o Buriti, maior campo de concentração da região, que chegou a abrigar 70 mil pessoas de estados como Piauí, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba. De acordo com ele, desde o final do século XIX a região do Crato atrai migrantes provenientes de outras áreas. “Ela fica próxima da fronteira com outros estados, possui muitas nascentes e é conhecida por ser o oásis da região do Cariri”, explica. Além disso, as romarias do Padre Cícero (1844-1934), nascido na cidade, também atraíram migrantes.

Até 2005, quando começou sua graduação na Urca, ele ignorava a história do local, que passou a conhecer a partir da leitura dos trabalhos de autores como Kênia Rios e Frederico de Castro Neves, também professor na UFC. “Não há evidência material da existência desse campo. O bairro que se chamava Buriti mudou de nome para Muriti, em uma tentativa de apagar o acontecimento da memória. Eu vivi toda a vida no local e só fiquei sabendo de sua existência na faculdade”, relata Figueiredo, que defendeu mestrado sobre o tema em 2015.

DEVOÇÃO POPULAR

Nascido em Senador Pompeu, o advogado Valdecy Alves, uma das principais lideranças do movimento social que, junto com historiadores, deu origem ao processo de tombamento do campo, lembra que

na sua infância as crianças viam o Patu como área mal-assombrada, enquanto os adultos se dirigiam ao local para pagar promessas. “Sem as casas de alvenaria do Patu, os outros campos utilizavam barracas feitas de pau cobertas com folhas de carnaúba. Depois de fechados, o governo ateou fogo e as estruturas desapareceram”, conta Alves. Em Senador Pompeu, parte da população mais velha recordava-se dos acontecimentos e utilizava o lugar em que os mortos teriam sido enterrados para pagar promessas. O historiador Aterlane Martins, professor do IFCE, *campus* Quixadá, conta que, atento a essa movimentação, em 1982 o padre italiano Albino Donatti propôs a organização de uma romaria em memória dos mortos. Denominada “Caminhada da seca”, ela acontece sempre em novembro. Sai do centro da cidade, em um percurso de 4 km até o local onde estariam as valas comuns. Antes um terreno baldio, hoje esse lugar conta com uma estrutura simbólica de cemitério. “Os devotos colocaram lápides e, nas caminhadas, levam flores, velas, pão e água”, informa Martins. Segundo ele, entre os visitantes existe a crença de que os mortos podem conceder graças aos devotos.

A historiadora Karoline Queiroz e Silva, que defendeu mestrado sobre o campo em 2017, explica que antes de o padre organizar a caminhada as pessoas diziam que viam almas no local e começaram a acender velas e levar ex-votos (objetos

que fiéis costumam oferecer aos santos de devoção). Ela lembra que cerca de 6 mil pessoas participam anualmente da romaria, inclusive de outros estados. “Recentemente, afora os artigos religiosos, as pessoas passaram a carregar pequenas cisternas e sementes, aludindo à necessidade de políticas públicas que possibilitem a convivência com a seca. Com isso, o evento adquiriu caráter político”, destaca.

Martins, do IFCE, lembra que há 10 anos a prefeitura passou a incluir a romaria no seu calendário turístico, sinalizando com placas os lugares por onde ela passa. Além da caminhada, ele defende a realização de atividades culturais na área tombada, para manutenção da memória do campo de concentração. “O processo de tombamento é importante, mas ainda não foi feito um plano de salvaguarda para determinar, por exemplo, como as edificações serão utilizadas. Elas estão distantes do centro, não há movimentação diária no local. Em respeito aos que ali passaram, é preciso criar ações para contar o que aconteceu”, finaliza. ■

Livros

MARTINS, R. A. P. *Das santas almas da barragem à caminhada da seca: Projetos de patrimonialização da memória no sertão central cearense (1982-2008)*. Fortaleza: Museu do Ceará/Edições IFCE, Coleção Outras Histórias, v. 71, 2017.

RIOS, K. S. *Isolamento e poder – Fortaleza e os campos de concentração na seca de 1932*. Fortaleza: Museu do Ceará, 2014.

MEMÓRIA

Território cobiçado

Tratado assinado há 60 anos rege a ocupação
e a pesquisa científica na Antártida

Carlos Fioravanti

Coberto de gelo,
o continente no
extremo sul tem
quase duas vezes
a área do Brasil



FOTOS: NASA / GODDARD / USFC / JEFF SCHWALTZ 2 NATIONAL ARCHIVES AND RECORDS ADMINISTRATION

Ciência e política se fundem como o gelo na Antártida. Russos, britânicos e norte-americanos avistaram pela primeira vez a imensa massa de gelo ao sul do planeta no mesmo ano, 1820. Quase um século depois começou a disputa territorial: em 1908, o Reino Unido foi o primeiro país a reivindicar uma parte do território que permanecia inexplorado. Nos anos seguintes, foi a vez de Nova Zelândia, França, Austrália, Noruega, Argentina e Chile anunciarem que também queriam trechos da região que poderia conter riquezas minerais. Nas décadas de 1930 e 1940, Argentina, Alemanha, Estados Unidos e Noruega organizaram grandes expedições científicas, que serviam também para mapear as riquezas do mar que cerca a região, como as baleias, quase dizimadas até meados do século.

“Os cientistas utilizaram o interesse político e econômico na região para fazer expedições e pesquisas, enquanto os políticos usaram a ciência para legitimar suas intervenções territoriais na Antártida”, observou o cientista político argentino Ignacio Cardone e pesquisador do Núcleo de Pesquisa em Relações Internacionais (Nupri) da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da Universidade de São Paulo (USP), em um debate realizado em novembro de

2019 no Instituto de Relações Internacionais (IRI) da universidade. “As disputas territoriais não foram resolvidas, mas suspensas.”

Depois de várias iniciativas fracassadas para resolver a ocupação no continente gelado, representantes de 12 países assinaram o Tratado Antártico em 1º de dezembro de 1959 em Washington, nos Estados Unidos. O acordo tem coibido ações unilaterais. Um de seus artigos congelava as reivindicações territoriais; os países que já as tinham feito não abririam mão delas, embora não pudessem implantá-las, e os que não tinham não poderiam fazê-las – o continente permaneceria aberto a qualquer país. Impulsionado pelo Ano Geofísico Internacional de 1957-1958, o tratado estabeleceu que a região seja usada apenas para fins pacíficos, assegurou a liberdade de pesquisa científica e evitou que a Guerra Fria, entre os Estados Unidos e a então União Soviética, chegasse ao extremo sul do planeta.

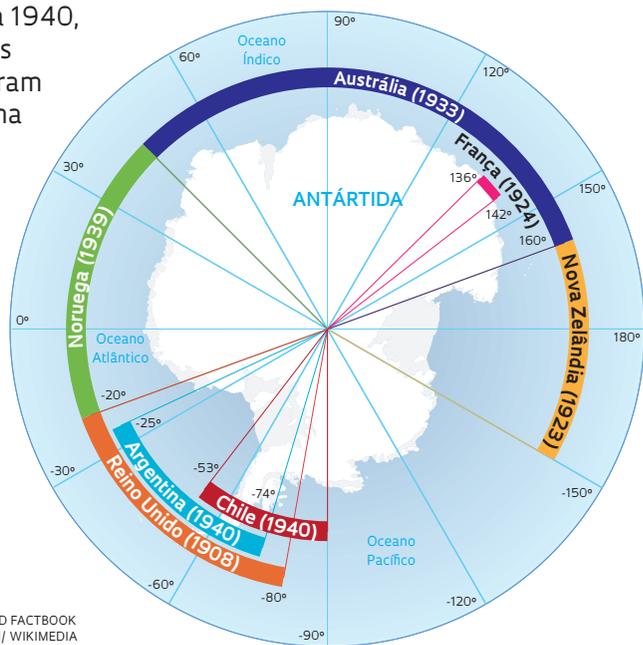
Em vigor desde 1961, o tratado promoveu outros acordos – um deles, um protocolo de 1991, em vigor desde 1998, definiu normas de proteção ambiental para qualquer atividade e proibiu a exploração de recursos minerais na Antártida. Atualmente, reúne 54 países – o mais recente a ser aceito foi a República Checa, em 2014.



Assinatura do Tratado Antártico, em dezembro de 1959, em Washington, nos Estados Unidos

Disputas ao Sul

De 1908 a 1940, sete países reivindicaram território na Antártida



FONTES: CIA WORLD FACTBOOK
ANTARCTIC REGION/ WIKIMEDIA

A maioria (37%) dos membros são países da Europa e há seis da América do Sul: Argentina e Chile, que participaram do grupo inicial dos 12, Equador, Peru e Uruguai, além do Brasil, que assinou o tratado em 1975 e em 1983 foi aceito na categoria de membro consultivo, com direito a voto nas reuniões anuais.

“As decisões do tratado avançam desde que ninguém discorde”, conta a socióloga brasileira Daniela Portella Sampaio, pesquisadora da Universidade de Leeds, Reino Unido. Após entrevistar 70 pesquisadores e representantes de organizações governamentais ligadas ao tratado em

2018 e 2019, ela identificou o papel esperado da pesquisa científica: “Os participantes reconheceram que o consenso é ainda a melhor forma de se tomar decisões, embora se sintam frustrados porque os planos de conservação de áreas marinhas protegidas não foram implementados”.

Com uma área de 13,4 milhões de quilômetros quadrados (km²) – maior que a da Europa (10 milhões de km²) e quase duas vezes a do Brasil (8,5 milhões de km²) –, a Antártida abriga 75 bases científicas de 32 países.

A ciência integra os países por meio de pesquisas colaborativas, mas as tensões persistem: as viagens de

turismo para o interior da Antártida aumentam, a frota pesqueira chinesa no oceano austral se expande e a pressão pela exploração mineral prossegue. “O continente ainda é um espaço de disputas geopolíticas”, reiterou Leonardo Faria de Mattos, capitão de mar e guerra da Marinha e professor da Escola de Guerra Naval, no debate na USP.

Mattos lembrou que em 1956 os Estados Unidos inauguraram uma base de pesquisa no polo Sul geográfico e um ano depois a Rússia abriu no chamado polo Sul de inacessibilidade, com temperaturas de 89 °C negativos no inverno, então próximo do polo Sul geomagnético. A China assinou o tratado dois anos depois do Brasil e em 2009 colocou para funcionar a estação mais alta da Antártida, a 4.087 metros de altitude. O país asiático está construindo a quinta estação de pesquisa, a ser inaugurada em 2022, além de ter colocado em operação, em julho de 2019, o primeiro navio de pesquisa quebra-gelo construído no país, o Xue Long 2.

BRASILEIROS NA ANTÁRTIDA

Em março de 1958, quase dois anos antes da assinatura do tratado, o primeiro brasileiro chegou à Antártida: o médico e jornalista pernambucano Durval Sarmento da Rosa Borges (1912-1999), que era também professor da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da USP. Partindo da Nova Zelândia, ele acompanhou um grupo de pesquisadores norte-americanos. O jornal *Correio da Manhã*, do Rio de Janeiro, começou a publicar em 13 de março seus relatos de viagem, com títulos como “Onde hoje tudo é frio houve prados verdejantes há milênios”, dois dias depois. Borges publicou o que viu também na revista *Visão*, para a qual escrevia sobre medicina, e depois fez o livro *Um brasileiro na Antártida*, publicado em maio de 1959 pela Sociedade Geográfica Brasileira.

Também a bordo de um navio norte-americano, o meteorologista e professor da USP Rubens Junqueira Villela foi o primeiro cientista brasileiro a chegar ao continente gelado, em março de 1961. Ele participou da primeira missão científica oficial brasileira, em 1982, com os navios Barão de Teffé e Prof. Besnard,



O navio Prof. Besnard, da USP, na primeira expedição à Antártida, em 1983



A antiga estação antártica brasileira, na ilha Rei George, que sofreu um incêndio em 2012 (acima), e a nova, prevista para ser inaugurada em 2020



que facilitou o ingresso do país no Tratado Antártico. Em 1984 começou a funcionar a Estação Antártida Comandante Ferraz (EACF), a ser reaberta em janeiro de 2020, reconstruída após um incêndio em 25 de fevereiro de 2012.

“Já temos de pensar na construção da segunda estação brasileira”, ressalta Mattos, da Marinha. “A China e a Índia já têm bases até no Ártico, enquanto o Brasil nem sequer aderiu ao tratado de Svalbard, de 1920, que permite a instalação de estações de pesquisa nesse arquipélago norueguês.”

Neste ano de 2020 está prevista a elaboração do plano estratégico de pesquisa científica brasileira para o período 2023-2030, com a participação de pesquisadores de universidades federais do Rio Grande

do Sul (UFRGS), Rio de Janeiro (UFRJ) e da USP. “Um dos desafios do Brasil é reestruturar a Polantar [Política Nacional para Assuntos Antárticos], que mantém uma visão da década de 1980”, observou o glaciologista Jefferson Cardia Simões, professor da UFRGS, coordenador-geral do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (ver Pesquisa FAPESP nº 109). Ele é vice-presidente do Comitê Científico sobre Pesquisa Antártida (Scar), criado em 1958 para coordenar as atividades na Antártida do Ano Geofísico Internacional e que se tornou um órgão consultivo do tratado.

“Até a década de 1990”, comentou Simões no encontro na USP, “as prioridades dos países eram o mapeamento dos recursos naturais

e as vantagens político-militares, mas atualmente é a qualidade da ciência que dá o *status* de um país no tratado”. Segundo ele, cientistas brasileiros têm participado de redes internacionais de pesquisa sobre biodiversidade e de monitoramento da camada de ozônio, da radiação, da atmosfera e do gelo e suas implicações no clima regional e global.

No início de dezembro de 2019, Simões partiu com sua equipe para outra viagem à Antártida. Dessa vez, o objetivo é recolocar em funcionamento a Criosfera 1, módulo científico brasileiro automático de coleta de dados meteorológicos. Instalada em dezembro de 2011 a 670 quilômetros (km) do polo Sul geográfico e a 2.500 km da EACF, ficou fechada durante dois anos por falta de recursos para a manutenção. ■

BOAS PRÁTICAS



Controle de qualidade terceirizado

Na Europa, instituições de pesquisa contratam empresas ou especialistas para examinar previamente sua produção científica e evitar acusações de má conduta

Algumas instituições de pesquisa da Europa estão contratando empresas ou especialistas para fazer um exame prévio de sua produção científica e evitar que artigos e teses sejam publicados com erros ou vieses. Uma reportagem publicada em novembro na revista *Nature* abordou exemplos dessa estratégia, em especial o caso do Fritz Lipmann Institute (FLI), na Alemanha, dedicado à pesquisa sobre envelhecimento humano. Dois episódios recentes de má conduta abalaram a instituição, vinculada à Associação Leibniz, que congrega 95 centros de pesquisa e recebe financiamento dos governos regionais e central da Alemanha. Em 2016, violações de regulamentos sobre uso de animais de laboratório levaram à interrupção de experimentos científicos no FLI.

No ano seguinte, o então diretor do instituto, o biólogo celular Karl Lenhard Rudolph, renunciou quando seu grupo de pesquisa foi acusado de cometer erros e manipular imagens em oito artigos científicos – uma investigação concluiu que Rudolph, mesmo sem ter agido de má-fé, foi negligente em seu trabalho de supervisor de uma equipe de alunos de doutorado e estagiários de pós-doc.

Para prevenir outros escândalos, a nova direção do centro criou comitês consultivos a fim de evitar que os alunos de doutorado fossem orientados por um único pesquisador e decidiu aplicar uma estratégia heterodoxa. Matthias Görlach, chefe dos laboratórios do FLI, pediu ajuda ao biólogo molecular italiano Enrico Bucci, fundador de uma empresa especializada em escrutinar trabalhos científicos. Desde abril de 2018, a Resis, empresa sediada na comuna italiana de Samone, passou a receber e submeter a uma checagem todos os artigos e teses produzidos pelo FLI – tarefa que, em geral, é executada pelos próprios autores e reforçada durante o processo de avaliação realizado por revistas científicas.

A Resis avalia se houve adulteração de imagens, fabricação de dados, manipulação ou má interpretação de estatísticas e evidências de plágio. A análise é feita em 24 horas após o recebimento do material – se houver sinal de algum problema, a empresa faz análises mais detalhadas, que podem levar até três dias. A FLI está gastando € 50 mil por ano, o equivalente a cerca de R\$ 230 mil, para custear o serviço. Um em cada 17 artigos submetidos recebeu a checagem adicional, mas até agora só foram detectados problemas relacionados a inconsistências estatísticas.

A origem da Resis é curiosa. Em 2008, Bucci criou uma empresa de prestação de serviços chamada BioDigitalValley que montou um banco de dados com imagens de tecidos e células da literatura médica – a ideia era fornecer essas imagens a pesquisadores que precisassem usá-las como referência em seus trabalhos. O italiano tomou o cuidado de descartar imagens de artigos que

tivessem sido alvo de retratação. Por curiosidade, selecionou os nomes dos autores de *papers* cancelados e resolveu verificar a consistência das imagens de seus outros artigos que ainda estavam válidos. Encontrou problemas graves em vários deles, em especial nos de um patologista da Universidade de Nápoles Federico II chamado Alfredo Fusco, que repetidamente usava imagens manipuladas e editadas de modo a forjar a presença ou a ausência de moléculas. Bucci analisou 380 artigos assinados por Fusco entre 1985 e 2015 e identificou falsificações em 95 deles. Desde então, o patologista já teve mais de 20 artigos retratados e enfrenta um processo criminal na Justiça italiana. Diante da repercussão desse trabalho, Bucci decidiu abandonar a ideia de fornecer imagens para mergulhar no negócio da integridade científica, criando a Resis. Outro cliente da empresa italiana é um instituto de oncologia molecular sediado em Milão, o Ifom, que se viu envolvido no escândalo de Fusco. O ex-diretor da instituição, Pier Paolo di Fiori, foi coautor de alguns dos artigos retratados do patologista. Desde junho, o Ifom também utiliza os serviços da Resis para verificar sua produção científica.

CHECAGEM DE IMAGENS

Ainda são poucas as empresas que atuam nesse mercado. Um exemplo é a norte-americana Sheridan, que presta serviços editoriais a revistas científicas e, há algum tempo, passou a analisar imagens de manuscritos. Outras se dedicam a treinar pessoal para executar a tarefa, como é o caso da Image Data Integrity, em São Francisco, que presta consultoria a instituições de pesquisa, agências de fomento e revistas científicas sobre manipulação de imagens em estudos de ciências biomédicas. A empresa é gerenciada por Mike Rossner, ex-editor do *Journal of Cell Biology*, que em 2002 foi uma das primeiras revistas a introduzir checagem de imagens em seus processos de avaliação. Segundo ele, a verificação prévia pode ser bastante útil para evitar prejuízos resultantes de ações judiciais. “Além disso, é muito mais

fácil para a instituição obter dados originais que lastreiam um artigo no momento em que ele está sendo submetido – quando um aluno ou estagiário de pós-doc ainda está presente no laboratório – do que depois da publicação”, disse Rossner ao site Retraction Watch.

Algumas instituições, em vez de terceirizar o controle de qualidade, contratam especialistas para realizá-lo internamente. É o caso do Instituto Beatson, em Glasgow, no Reino Unido, que contratou em 2012 a bióloga Catherine Winchester para checar todos os *papers* de seus pesquisadores antes de publicá-los. “Às vezes, consigo identificar erros que alguém próximo do trabalho não consegue ver”, escreveu Winchester em um artigo de opinião publicado também na *Nature* no ano passado. “Ocasionalmente, sugiro aos autores usar um teste estatístico ou uma maneira de apresentar dados diferentes. O objetivo é melhorar a qualidade do manuscrito e não apenas reproduzir estratégias da avaliação por pares.”

A ideia de delegar a uma pessoa ou a uma empresa a verificação de trabalhos científicos é vista com reservas por muitas instituições, que preferem uma abordagem mais abrangente na prevenção de casos de má conduta. Stefan Ehlers, diretor do Centro de Pesquisa Borstel, nos arredores de Hamburgo, Alemanha, sustenta que pagar por uma verificação independente não é a forma mais adequada de lidar com a responsabilidade de impedir a publicação de dados manipulados. “Considero mais importante promover nas instituições uma cultura de confiança e de encorajamento para relatar erros e discutir dados questionáveis”, disse à *Nature*. O Borstel, também vinculado à Associação Leibniz, decidiu investir em educação e treinamento contra má conduta após enfrentar um escândalo semelhante ao do FLI. Em 2012, uma pesquisadora do centro, Silvia Bulfone-Paus, foi acusada de negligência em um episódio de manipulação de dados em mais de uma dezena de artigos científicos. ■

Fabrcio Marques

Panorama das retratações

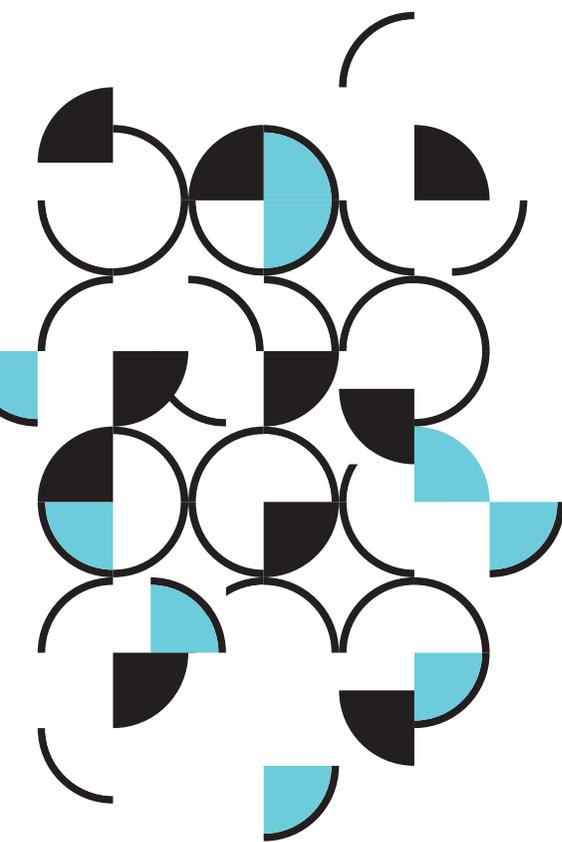
Um trabalho divulgado em setembro por Thed van Leeuwen, pesquisador do Centro de Estudos de Ciência e Tecnologia da Universidade de Leiden, na Holanda, forneceu um panorama abrangente sobre artigos científicos submetidos à retratação, ou seja, que tiveram sua publicação cancelada devido a erros, vieses, fraudes ou plágio. Foram analisados 3.729 *papers* retratados publicados em jornais da base de dados Web of Science (WoS). Entre as evidências favoráveis, o levantamento mostrou que o número de trabalhos problemáticos é pequeno – o equivalente a 0,008% de todos os artigos da WoS – e que a quantidade de retratações está em um patamar inferior à da década passada. Em 2015, menos de 250 artigos foram retratados, cerca de 100 a menos do que a média anual de 2005 a 2010. Observou-se, também, que o processo que gera uma retratação não permite

que artigos questionados tenham vida longa: 90% dos *papers* suspeitos acabam sendo retratados até seis anos após sua publicação.

O estudo mostrou que as retratações são mais frequentes em campos do conhecimento com forte competição internacional e padrões rápidos de publicação, como a medicina clínica (27% do total), física e ciências de materiais (20%), química (15%) e ciências da vida (12%). Elas também são mais comuns em países que recompensam autores por publicarem em periódicos com impacto internacional. Os Estados Unidos lideram com 26% das retratações. Em seguida aparecem China (10%), Alemanha e Reino Unido (7% cada um), Japão (6%) e França (5%).

Em mais da metade dos casos, a causa é algum tipo de má conduta, como plágio e autoplágio (12%), publicações duplicadas (10%), falsificação e fabricação de dados

(10%), irregularidades no processo de avaliação, problemas relacionados à atribuição de autoria (3% cada um), entre outros. Apenas 10% das retratações se deveram a erros. Em 24% das situações, não foi possível identificar o motivo pelo qual o *paper* foi cancelado – o aviso de retratação não trazia essa informação. Para Leeuwen, muitos periódicos e autores ainda encaram as retratações como um tabu, daí o silêncio sobre as causas. Outra dificuldade do pesquisador holandês foi compreender as razões de retratações quando elas foram solicitadas pelos autores dos artigos. Segundo ele, o uso de uma linguagem vaga e dúbia nem sempre permitia inferir se o caso era de fraude ou erro. O estudo foi publicado em um seminário promovido na Holanda pelo Committee on Publication Ethics, fórum internacional de editores de revistas científicas que discute temas relacionados à integridade na ciência.



Punido após denunciar colegas

Um relatório divulgado pela Associação Canadense de Professores Universitários concluiu que a direção da Universidade Thompson Rivers (TRU) violou a liberdade acadêmica de um de seus docentes, o economista Derek Pyne, ao afastá-lo de suas funções por seis meses sem direito a remuneração em 2018. Pyne foi punido sob a acusação de difamar a TRU, instituição pública de ensino e pesquisa em Kamloops, Columbia Britânica, e também de perseguir colegas.

Ele escreveu um artigo em 2017 no *Journal of Scholarly Publishing* no qual relatou que 16 dos 27 pesquisadores da Escola de Negócios da universidade haviam publicado trabalhos em revistas predatórias, periódicos de baixa reputação que, em troca de dinheiro, divulgam *papers* sem fazer uma genuína revisão por pares. Pyne não mencionou o nome dos colegas, mas sustentou no artigo que eles inflaram

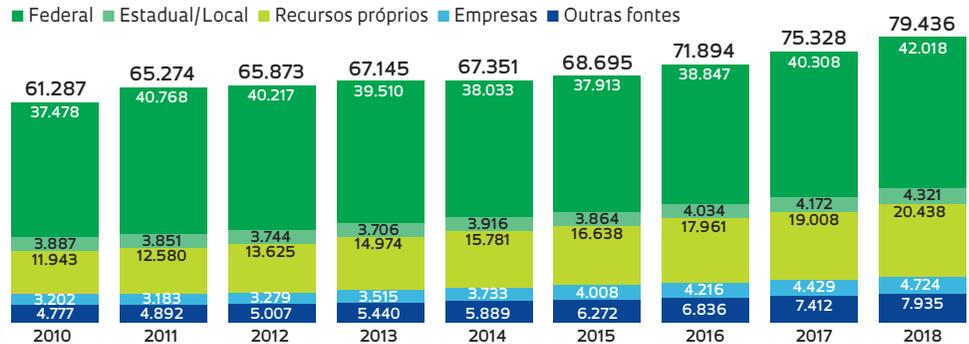
sua produção científica para conseguir promoções na carreira. O economista tinha uma relação bastante conflituosa com os outros docentes e chegou a fazer críticas públicas à qualidade da formação oferecida pela universidade.

A TRU trocou de comando no final do ano passado e um dos primeiros atos do novo reitor, Brett Fairbairn, foi suspender a punição aplicada ao pesquisador. “Todos estamos de acordo que a liberdade acadêmica é fundamental para a existência da universidade”, afirmou Fairbairn, de acordo com a rádio canadense CBC. O reitor, contudo, desqualificou os resultados do relatório da Associação Canadense de Professores Universitários. “Parte das informações sobre o caso é sigilosa e, por imposição legal, não podemos compartilhá-las com a associação de professores. Portanto, o relatório é baseado em informações limitadas.”

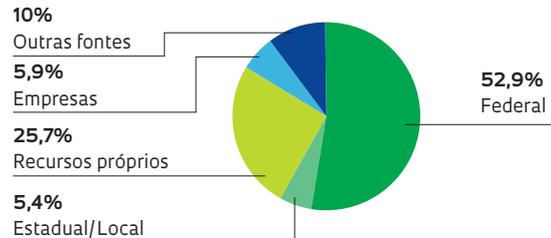
DISPÊNDIOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) NAS UNIVERSIDADES DOS EUA POR FONTE DOS RECURSOS

- ▶ Dispêndios em P&D nas universidades nos EUA tiveram crescimento acelerado a partir de 2015¹
- ▶ De 2017 para 2018 o total de recursos passou de US\$ 75,3 bilhões para US\$ 79,4 bilhões (R\$ 161 bilhões)²
- ▶ O governo federal financiou 53%, estados e governos locais, 5,4% dos dispêndios
- ▶ Recursos próprios, oriundos de fundos patrimoniais e outras fontes, responderam por 26% dos recursos
- ▶ Empresas contribuíram com 5,9% dos recursos³

No ensino superior por fonte de recurso EUA (US\$ milhões de 2018¹)



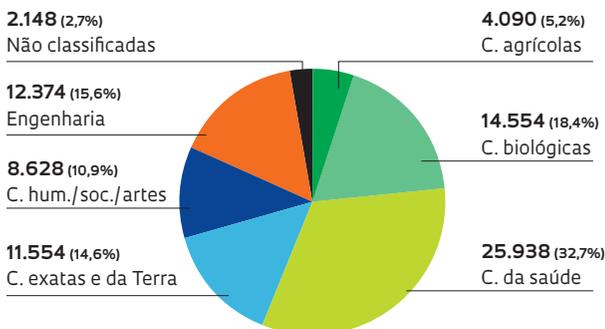
No ensino superior, participação por fonte do recurso, 2018



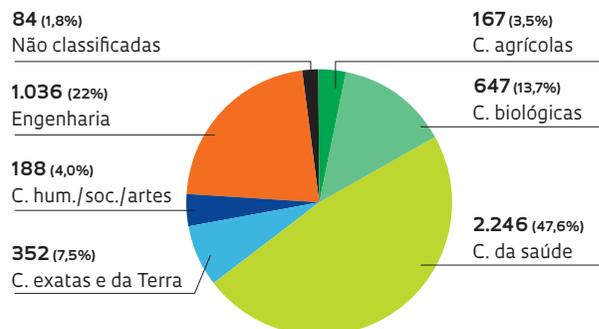
DISPÊNDIOS EM P&D NAS UNIVERSIDADES DOS EUA⁴ POR GRANDE ÁREA DO CONHECIMENTO⁵: TOTAL E RECURSOS DE EMPRESAS

- ▶ Em 2018, ciências da saúde lideram (33%) os dispêndios em P&D nas universidades, seguidas de ciências biológicas (18%), engenharias (16%), ciências exatas e da Terra (14%), ciências humanas/sociais/artes (11%) e ciências agrícolas (5,2%)
- ▶ Nos recursos recebidos de empresas o peso da área de ciências da saúde cresce para 48%, e as engenharias sobem de 16% para 22%

Por grande área – Todas as fontes 2018 (US\$ milhões)



Por grande área – Fonte empresas 2018 (US\$ milhões)



NOTAS (1) CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO SEGUNDO O ÍNDICE DO "US BUREAU OF LABOR STATISTICS", QUE FOI DE 5,6% ENTRE 2015 E 2018. (2) CONVERSÃO PELO ÍNDICE DE PARIDADES DE PODER DE COMPRA (PPP) DE 2018 DE REAL PARA DÓLAR, DE 2,029. OCDE. (3) NESTE E NOS DEMAIS GRÁFICOS, AS SOMAS DOS VALORES PARCIAIS PODEM NÃO CORRESPONDER AO TOTAL, POR EFEITO DE ARREDONDAMENTO. (4) OS DADOS DESTA SEÇÃO INCLUEM AS INSTITUIÇÕES COM PELO MENOS US\$1 MILHÃO DE DISPÊNDIOS. O VALOR TOTAL É DE US\$79.286 MILHÕES, US\$150,6 MILHÕES ABAIXO DO TOTAL DE US\$79.436 MILHÕES DA SEÇÃO ANTERIOR. (5) AS ÁREAS DE CIÊNCIAS AGRÍCOLAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E CIÊNCIAS DA SAÚDE SÃO INTEGRADAS NA GRANDE ÁREA DE "LIFE SCIENCES", CIÊNCIAS DA VIDA, PELA NSF.

FONTES NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, TABLES 1, 12 - [HTTPS://NCESDATA.NSF.GOV/HERD/2018/](https://ncesdata.nsf.gov/HERD/2018/). OECD, PPP - [HTTPS://DATA.OECD.ORG/CONVERSION/PURCHASING-POWER-PARITIES-PPP.HTM](https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm). BUREAU OF LABOR STATISTICS, USA - [HTTP://DATA.BLS.GOV/CGI-BIN/CPICALC.PL](http://data.bls.gov/cgi-bin/cpi/calc.pl).

Um original de Mário de Andrade

Humberto Hermenegildo de Araújo



Aspectos do folclore brasileiro

Mário de Andrade
Global Editora
240 páginas
R\$ 49,90

Inédito, *Aspectos do folclore brasileiro*, de Mário de Andrade (1893-1945), delinea-se no contexto do conhecimento sobre a formação do Brasil e foi produzido em momento de síntese das reflexões críticas do autor, que demonstra consciência do estágio em que se encontravam os estudos do folclore: a caminho do conhecimento científico, mas ainda ineficaz em seus métodos de trabalho. Previsto como o volume 13 de suas *Obras completas*, sua publicação só se tornou possível com a localização do manuscrito “Estudos sobre o negro”, de 1938.

No primeiro capítulo, o autor mostra-se irritado com o amadorismo de estudiosos que, embora sem conhecimento técnico, se intitulavam folcloristas. Por esse ângulo, o folclore aparecia como forma burguesa de prazer, a gerar recepções triviais: audições de passatempo pelas classes superiores, sob o critério da comicidade. Ao mesmo tempo, não havia ainda concorrência da cultura científica, cuja formação estaria em andamento.

Até chegar a propostas para superação da ineficiência, Mário de Andrade passa em revista o processo formativo do conhecimento sobre o folclore nacional. Na fase inicial, de estudos voltados para as manifestações imateriais, o autor destaca o trabalho de Sílvio Romero (1851-1914), que não teria como encarar sistematicamente o folclore. O caminho da sistematização seria traçado com o auxílio de pesquisadores que, imersos no método das suas ciências, imprimiram direção nova aos estudos. O marco histórico no caminho da especialização situa-se nos anos 1930, com a criação de instituições culturais e científicas, como o Departamento de Cultura da prefeitura de São Paulo. Nesse período, destacam-se trabalhos diversificados como os de Luís Saia (1911-1975), Arthur Ramos (1903-1949) e Câmara Cascudo (1898-1986).

Mário de Andrade conclui sua revisão com o parecer de que é perceptível orientação mais técnica nas pesquisas, graças ao caráter monográfico e aos esforços desenvolvidos em instituições que abrangiam estudos da tradição. A seguir, reivindica a inclusão dos estudos folclóricos no âmbito da formação social do Brasil. Como militante, sugere a criação de museus específicos na área; a conversão de toda a documentação folclórica em fichário e a realização de congresso para decidir

questões de pesquisa que contemplassem a vida material e a organização social.

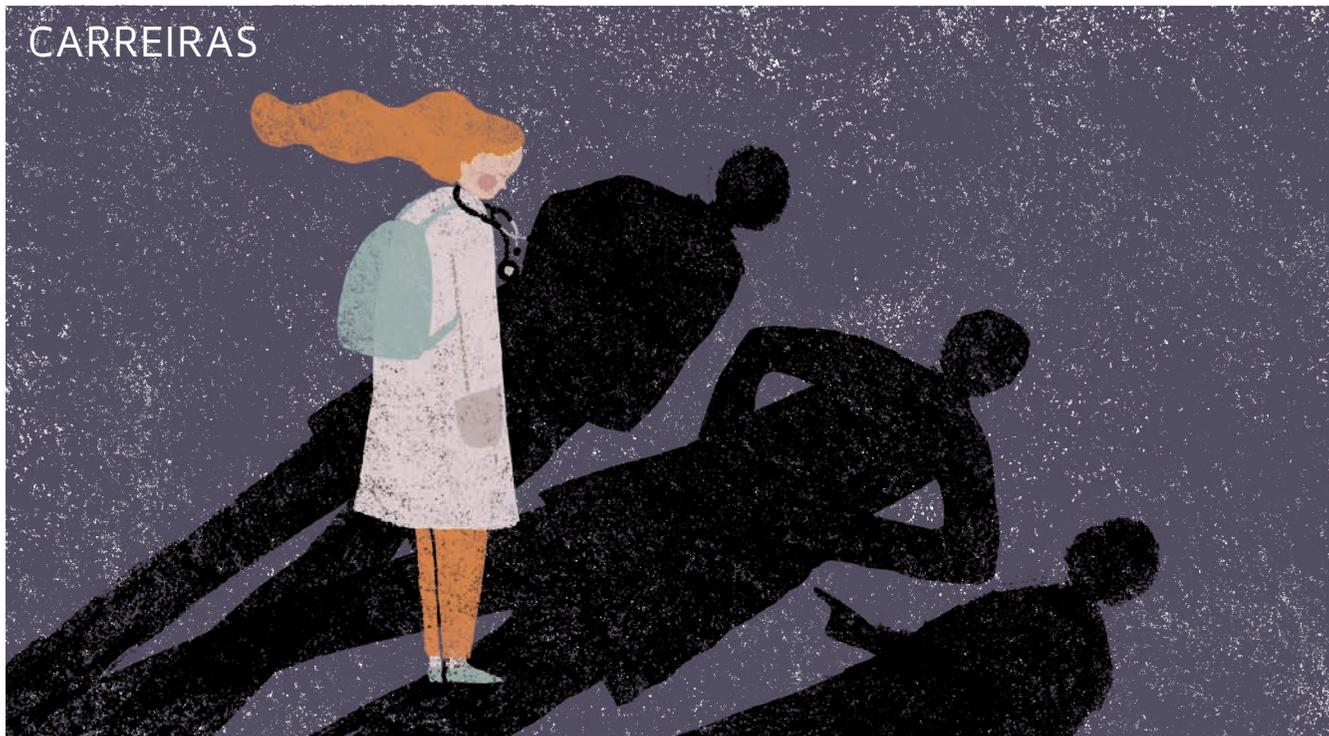
No segundo capítulo, o autor da conferência “Cinquentenário da Abolição” trata da questão do negro no Brasil e analisa a linguagem falada para demonstrar a inexistência de uma linha de cor, fato que não oculta a verdade de que o negro brasileiro sofre da antinomia europeia. Em sua análise, recorre, sobretudo, a provérbios e canções populares, em que variantes do vocabulário revelam o preconceito. A conferência problematiza, ainda, a própria participação de negros nas comemorações do momento: ressalta a superação do complexo de inferioridade dos protagonistas, mas lamenta a falta de vontade enérgica que se denuncia na ausência de obras de fôlego de autores negros.

O terceiro capítulo mantém relação com o primeiro, se aceitarmos que as “Nótulas folclóricas” são demonstração da prática cotidiana do folclorista. A modo de exercícios, as pequenas notas flutuam entre folclore e etnografia. O último capítulo relativiza, pois, a pretensa cientificidade do primeiro. Com isso, confirma-se o sentido de “reunião harmônica de trabalhos independentes” reiterada por Angela T. Grillo na apresentação do livro, que traz ainda um dossiê com documentos do Arquivo Mário de Andrade, do Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo (IEB-USP).

A obra conta também com dois “estudos convidados”: em um deles, Maria Laura V. C. Cavalcanti avalia a repercussão dos “aspectos” no âmbito das ciências sociais, em que o folclore é visto como patrimônio cultural imaterial. No outro, Lígia F. Ferreira contextualiza o discurso do autor sobre o negro, destacando a parceria com Arthur Ramos, de fundamental importância no africanismo identificado.

A publicação confirma a inegável força do pensamento de seu autor e surpreende pela atualidade dos posicionamentos em assuntos considerados à margem dos estudos canônicos. Não por acaso, tais assuntos, na atualidade, convergem para o centro das discussões, a requerer, ainda, vontade enérgica dos atores da dramática realidade brasileira.

Humberto Hermenegildo de Araújo é professor titular aposentado no Departamento de Letras da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.



Bullying nas escolas de saúde

Prática de violência interpessoal durante a graduação pode levar à depressão e à desistência do curso

Pesquisas internacionais realizadas a partir da década de 1990 mostram que a violência interpessoal, aquela que ocorre entre duas ou mais pessoas, aparece como prática comum no cotidiano do ensino superior da área da saúde, apresentando-se com maior intensidade nos cursos de graduação em medicina. Atitudes que envolvem discriminação, perseguição e bullying são as principais ocorrências constatadas no percurso da formação médica, com prejuízos ao desempenho acadêmico e comprometimento da conduta profissional dos estudantes, podendo refletir, inclusive, na qualidade de atendimento aos pacientes.

“No Brasil, embora haja pesquisas sobre transtorno mental, depressão, qualidade de vida e esgotamento físico e emocional entre estudantes de medicina, ainda são poucos os estudos sobre a ocorrência de bullying, maus-tratos e outras formas de abuso durante o

curso médico”, explica Maria Fernanda Tourinho Peres, do Departamento de Medicina Preventiva da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP). A partir de pesquisa realizada em 2013 com 317 alunos da faculdade, Peres constatou que a sobrecarga de atividades, o número excessivo de horas de estudo e o contato com doenças e a morte de pacientes podem resultar em quadros de depressão, favorecer comportamentos agressivos e a prática de bullying, fazendo com que as vítimas dessas ações se sintam insatisfeitas com a escolha profissional e passem a considerar, inclusive, o abandono do curso. “O assunto chegou até mim por meio de um grupo de alunos da faculdade, pois eram comuns os relatos de sofrimento entre os colegas de turma”, recorda.

O impacto do bullying na formação de profissionais da área da saúde foi tema do artigo

“Perceived bullying among internal medicine residents”, publicado em agosto pelo *Journal of the American Medical Association*. Baseado em pesquisa realizada em 2016 pelo American College of Physicians – uma das principais organizações médicas dos Estados Unidos –, que reuniu respostas de aproximadamente 24 mil residentes em medicina do país, o artigo mostra que 13% dos participantes relataram ter sofrido com situações opressivas desde o início do treinamento em residência médica. Dentre as ações mais comuns estão o assédio verbal (80%), o assédio físico (5,3%) e o assédio sexual (3,6%). Esgotamento, depressão e piora no desempenho acadêmico, durante a residência médica, foram as consequências mais citadas pelos entrevistados.

“O bullying envolve relações de poder e, na maioria dos casos, parte daqueles que se consideram mais fortes, seja por questões emocionais, sociais ou mesmo

O bullying pressupõe relação opressiva entre pares e ocorre de forma repetida entre pessoas de determinado grupo social, como alunos de um mesmo curso

físicas”, explica Zila Sanchez, do Departamento de Medicina Preventiva da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp) e coordenadora do Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva da mesma instituição. Apesar de os estudos sobre bullying estarem mais concentrados entre estudantes da educação básica, a pesquisadora afirma que é possível transpor esse conhecimento para o âmbito da formação médica. “Agressão física, verbal, desmerecimento, fofoca e racismo são elementos comuns em ambos os estágios de formação”, diz.

Sanchez também chama a atenção para o conceito de bullying, que, segundo ela, acabou sendo utilizado para definir, equivocadamente, diferentes situações de violência interpessoal. O bullying, no entanto, pressupõe relação opressiva entre pares, ou seja, ocorre de forma repetida entre pessoas de um determinado grupo social, como os alunos de um mesmo curso, por exemplo. “Já as ações que acontecem de professor para aluno são consideradas assédio, justamente por envolverem agentes com diferentes posições hierárquicas dentro da instituição”, explica.

PAPEL DA INSTITUIÇÃO

Relatos de discriminação, trotes violentos, ocorrências de abuso sexual e consumo excessivo de bebidas alcoólicas em festas universitárias são velhos conhecidos dos cursos da área da saúde. No entanto, pouco se fazia para investigar a prevalência de

abusos no cotidiano dos estudantes. “Existe nas faculdades uma tendência de minimizar esse tipo de problema”, diz Lúcia Cavalcanti de Albuquerque Williams, do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Para ela, as justificativas adotadas partem da própria cultura de formação dos profissionais da área, com o reforço de ideias preconcebidas de que seriam desvios pontuais e que isso teria sido sempre assim.

“Há uma forte estrutura hierárquica de poder nas faculdades de medicina porque o indivíduo mais velho supervisiona o aprendizado do mais novo e isso acaba gerando relações de opressão”, afirma Paulo Saldiva, do Departamento de Patologia da FM-USP e diretor do Instituto de Estudos Avançados (IEA-USP), que chama a atenção para o fato de essas faculdades serem instituições centenárias, mantendo cristalizadas práticas do passado e que não podem ser ignoradas no contexto atual. “O trote universitário, por exemplo, faz parte dessa tradição e foi se tornando mais violento com o passar do tempo, até o momento em que foi necessário discuti-lo publicamente”, recorda.

Indicado em 2014 para presidir uma comissão que investigou o número crescente de denúncias de violência, maus-tratos e abuso sexual de estudantes da FM-USP, Saldiva percebeu que havia pouco espaço para a discussão do assunto dentro da instituição ao ouvir da direção da escola o argumento de que os problemas seriam resolvidos

internamente – porém, sem providências concretas. O caso ganhou projeção a partir de inquérito civil aberto pela Promotoria de Justiça de Direitos Humanos e Inclusão Social do Ministério Público e de uma Comissão Parlamentar de Inquérito instaurada na Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo para apurar violações de direitos humanos nas faculdades paulistas. “É importante lembrar que esse não é um problema exclusivo da USP e envolve, também, outros cursos de graduação”, diz.

Para Saldiva, a criação de movimentos de alunos nos últimos anos, como os coletivos que discutem questões de gênero, etnia e orientação sexual, por exemplo, tem servido como rede de apoio às vítimas que passam por situações de violência física ou psicológica dentro das instituições. “Sinto que houve uma melhora após essa crise. O estabelecimento de uma ouvidoria para receber esse tipo de denúncia e campanhas de prevenção fizeram diminuir o número de casos.”

Além da relação entre veterano e calouro, a presença do assédio também é observada no trato entre professores e alunos. “A intimidação em sala por parte do professor pode refletir na constituição da identidade profissional do médico, assim como na de qualquer outro profissional”, explica Marta Angelica Iossi Silva, da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da USP. Em geral, atos de violência por parte do corpo docente aparecem em forma de ameaças de reprovação,

humilhações, atribuição de tarefas com fins punitivos ou mesmo comentários negativos e desmotivadores sobre a área de atuação profissional.

“O interesse de pesquisadores da área da saúde sobre a violência no ambiente acadêmico tem feito com que instituições se sensibilizem em relação ao problema”, observa Matheus Franco Alves, fonoaudiólogo e ex-aluno da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP-USP). Em trabalho de mestrado concluído em 2018 na própria FMRP, ele construiu uma escala com 56 situações de violência interpessoal relacionadas, principalmente, à discriminação social, características pessoais e desempenho acadêmico. Os dados foram reunidos a partir de entrevistas com 132 alunos e 32 professores dos sete cursos da instituição: medicina, ciências biomédicas, fisioterapia, fonoaudiologia, informática biomédica, terapia ocupacional e nutrição. “Evidenciou-se que eram muitos os casos de bullying. Porém não eram tomadas medidas efetivas para combatê-los”, conta Alves.

Segundo o pesquisador, são múltiplos os fatores que levam à prática do bullying no ensino superior, frequentemente relacionados a aspectos culturais, históricos e familiares. “O ingresso na universidade coincide com a fase final da adolescência, em que o aluno enfrenta vários desafios para se adaptar aos novos desafios da vida adulta”, avalia. Após a defesa do trabalho, foi oficializada por meio de edital na FMRP-USP uma Comissão de Direitos Humanos com o objetivo de acolher e dar orientações às vítimas de violência da faculdade, além de investigar os casos denunciados. Como um dos integrantes do grupo, Alves comemora o fato de que, desde então, as ocorrências vêm caindo a partir das campanhas de conscientização. “Fica mais fácil combater o bullying quando ele é oficialmente discutido no ambiente acadêmico.” ■

Sidnei Santos de Oliveira

Tensão na academia

As várias formas de bullying nos cursos da área da saúde

VIOLÊNCIA INTERPESSOAL E SUAS CONFIGURAÇÕES

Relação veterano-calouro

Trotes e humilhações na recepção aos novos estudantes que podem se estender durante o curso

Relação professor-aluno

Desencorajamento e exposição relacionada ao desempenho acadêmico de graduandos



VIOLÊNCIA INTERPESSOAL E SEUS PRETEXTOS

Discriminação pela aparência física, modo de vestir ou de falar, entre outros

Discriminação relacionada à classe social e etnia

Discriminação sexual e/ou de gênero: atitudes e comentários machistas, sexistas e homofóbicos

Espaço à vista

Engenheira integra missão espacial simulada e pode se tornar a primeira astronauta brasileira

Graduada em engenharia aeroespacial pela Universidade de Brasília (UnB), Ana Paula de Castro de Paula Nunes, 27 anos, trabalha para se tornar a primeira astronauta brasileira. Seleccionada para participar de um programa da Agência Espacial Europeia (ESA) com outros cinco integrantes de diferentes nacionalidades, em dezembro a pesquisadora passou duas semanas em missão simulada na região das encostas do vulcão Mauna Loa, no Havaí, Estados Unidos.

“A área consiste em um tipo de terreno bastante parecido com as formações mais jovens da Lua e de Marte, pois trata-se de um solo vulcânico, com pouquíssima presença de espécies animais e sem vegetação ao redor”, descreve. Essa foi a segunda edição do projeto EuroMoonMars IMA Hi-Seas, que também utiliza o habitat como base para treinamento dos astronautas da Nasa, a agência espacial norte-americana. Antes de partir para a área de isolamento no Havaí, a engenheira participou de workshops sobre exploração da Lua e de Marte no European Space Research and Technology Centre (Estec), localizado na cidade de Noordwijk, na Holanda. Durante o evento, debateu com especialistas as atividades programadas para a missão e pôde conviver com os demais integrantes do projeto. “Como são pessoas de países distintos, como Áustria, Alemanha, Holanda e Estados Unidos, aproveitamos também para detalhar pessoalmente

as tarefas sob responsabilidade de cada participante”, conta. O grupo, composto por um homem e cinco mulheres, reúne jovens de diferentes áreas de formação, como arquitetura espacial, astrobiologia, geologia, astronomia, física e medicina.

Apesar de prever atividades e pesquisas específicas para cada integrante, a missão teve como tema principal a exploração de cavernas de origem vulcânica, os chamados tubos de lava, vistos por pesquisadores como locais adequados para a instalação de futuros habitats. “Caso tenhamos a oportunidade de ocupar solos extraterrestres, por exemplo, essa seria uma das possibilidades de moradia”, explica. Outras pesquisas realizadas pela equipe investigaram a arquitetura e o conforto do habitat, a influência das cores nos tripulantes em situação de confinamento

e os efeitos da radiação em alimentos produzidos fora da atmosfera terrestre. “Há também a rotina de reparos nos equipamentos, montagem e utilização de drone e do rover, o veículo de exploração topográfica.”

Junto com o desafio de viver a realidade de uma astronauta veio o compromisso de arcar com metade dos gastos previstos para sua participação na missão – a outra metade foi custeada pela ESA. “Foram necessários R\$ 16 mil para compra de passagens, alimentação, seguro de vida e vestimentas especiais, como botas para locomoção em solo vulcânico.” Para reunir o montante, a engenheira buscou patrocínios e realizou uma campanha virtual de financiamento coletivo.

Em 2018, Nunes também foi uma das três primeiras mulheres selecionadas pela Agência Espacial Brasileira para o Master Program on Space Technology Applications (Masta), na Beihang University, em Beijing, na China, onde cursa mestrado na área de direito espacial.

Para integrar uma missão oficial, a futura astronauta precisará se candidatar a uma vaga nas agências espaciais, passar por treinamento intensivo e provavelmente terá de contar com apoio financeiro por parte do governo brasileiro. “Cada instituição mantém regras próprias e os custos variam de acordo com a missão a ser realizada”, finaliza. ■ S. S. O.

Nunes no Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Exterior (UNOOSA), em Viena

ACOMPANHE PESQUISA FAPESP NA INTERNET

Reportagens exclusivas e da edição impressa,
conteúdo interativo, vídeos, podcasts e
traduções: tudo isso você encontra no site

Site responsivo



Infográficos interativos

Conteúdo audiovisual



Newsletter e redes sociais



revistapesquisa.fapesp.br



Pesquisa
FAPESP



NAS BANCAS E LIVRARIAS
revistapesquisa.fapesp.br