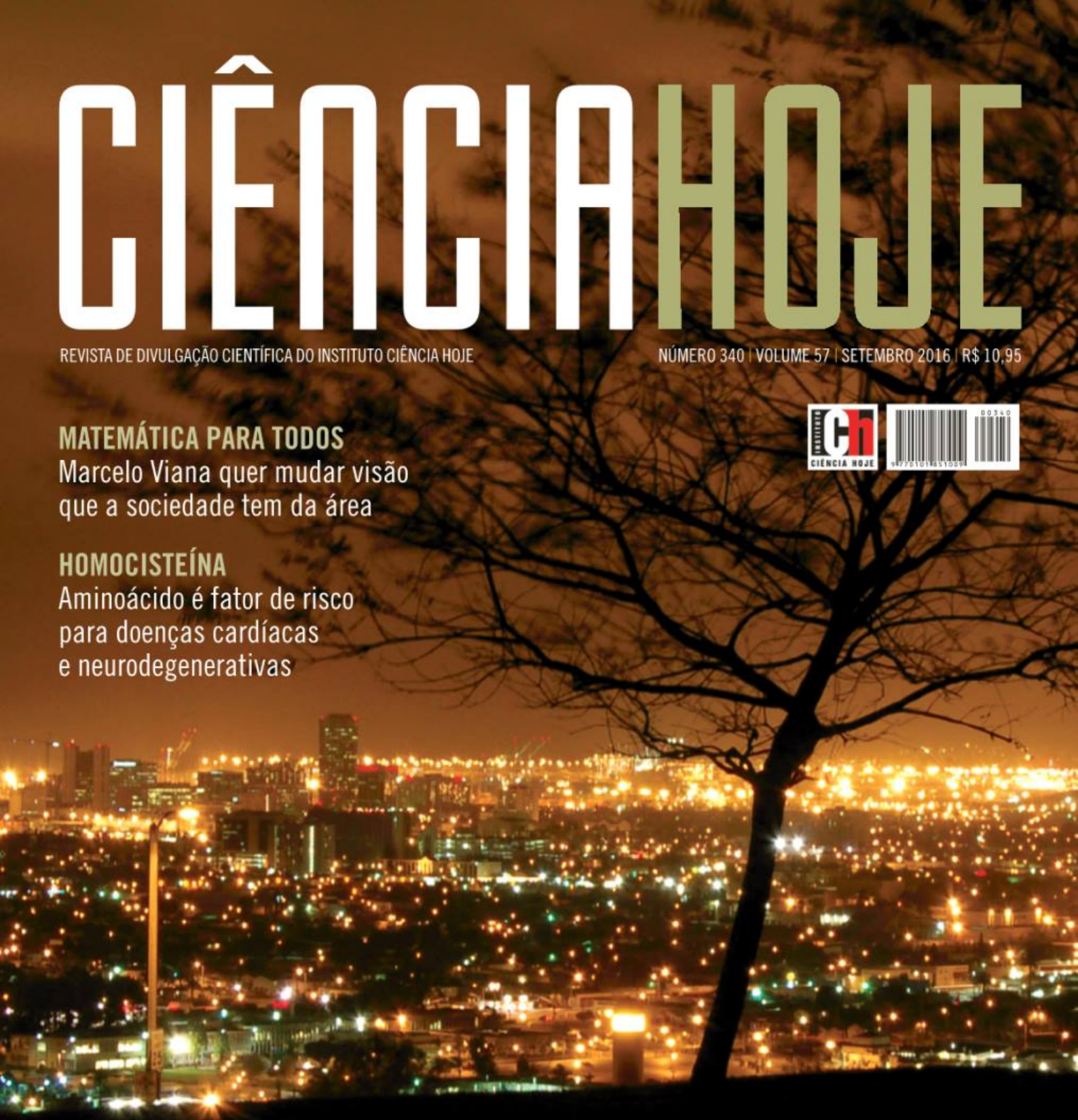
CIÊNCIA HOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO CIÊNCIA HOJE

NÚMERO 340 | VOLUME 57 | SETEMBRO 2016 | R$ 10,95

MATEMÁTICA PARA TODOS
Marcelo Viana quer mudar visão que a sociedade tem da área

HOMOCISTEÍNA
Aminoácido é fator de risco para doenças cardíacas e neurodegenerativas



O lado sombrio da luz

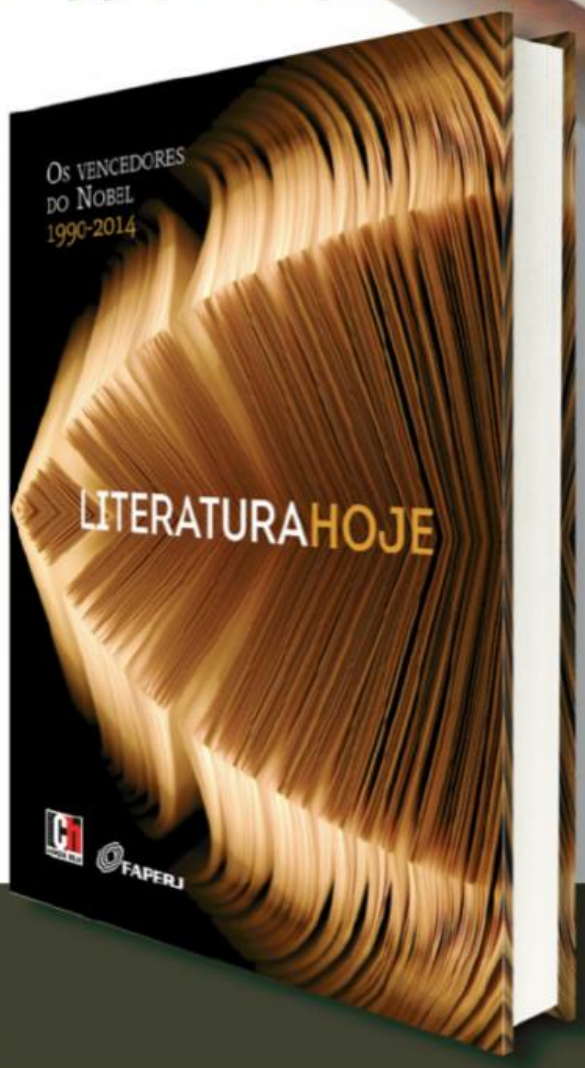
Iluminação excessiva ameaça vida silvestre

LITERATURAHOJE

Os vencedores do Nobel 1994-2014

Os ensaios breves reunidos neste livro oferecem um panorama das tendências literárias mundiais dos últimos 25 anos

A obra é um convite à reflexão sobre as escolhas polêmicas da Comissão Nobel de Literatura



PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR

0800 727 8999

www.**cienciahoje**.org.br

VISITE NOSSA LOJA VIRTUAL

CIÊNCIAHOJE

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE | Sociedade civil sem fins lucrativos. O Instituto tem sob sua responsabilidade a publicação das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on-line* (internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411 4961-1824/4962-1330). Conta com o apoio da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

ISSN: 0101-8515

DIRETORIA
Diretor Presidente | Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF)
Diretores Adjuntos | Andrea T. Da Poian (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Carlos C. Morel (Fiocruz) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ)
Superintendente Executiva | Bianca Encarnação
Superintendente de Projetos Educacionais | Ricardo Madeira

CIÊNCIA HOJE
Editores Científicos | Ciências Humanas e Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (Departamento de Sociologia e Política/PUC-Rio) e Ricardo Benzaquen de Araújo (Departamento de História/PUC-Rio) | Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães e Rodrigo Ornellas Meire (Instituto de Biofísica/UFRJ) e Vinicius Farjalla (Instituto de Biologia/UFRJ) | Ciências Exatas – Arthur Marques Moraes (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) | Ciências Biológicas – Andrea T. Da Poian e Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ).

REDAÇÃO
Editora Executiva | Alicia Ivanissevich
Editor de Forma e Linguagem | Cássio Leite Vieira
Edição de Texto | Alicia Ivanissevich, Bianca Encarnação, Cássio Leite Vieira, Catarina Chagas, Cathia Abreu e Thaís Fernandes
Setor Internacional | Cássio Leite Vieira

ARTE | Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda. (ampersand@amperdesign.com.br)
Diretora de Arte | Claudia Fleury
Programação Visual | Henrique Viviani e Raquel P. Teixeira
Computação Gráfica | Luiz Baltar

SUCURSAIS
NORTE | Manaus | Coordenador científico | Ennio Candotti | End.: Museu da Amazônia – MUSA – Av. Constelação, 16, Conjunto Morada do Sol, Aleixo. CEP 69060-081 Manaus, AM. Tel.: (92) 3236-5326

PUBLICIDADE | Sandra Soares (gerente) | Rua Dr. Fabrício Vampré, 59, Vila Mariana, CEP 04014-020, São Paulo, SP. Telefax: (11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br).
Circulação e assinatura | **Gerente** | Fernanda L. Fabres. Telefax: (21) 2109-8960 (fernanda@cienciahoje.org.br)
REPRESENTANTES COMERCIAIS
BRASÍLIA | Joaquim Barroncas – Tels.: (61) 3328-8046/ 99972-0741.

CIÊNCIA HOJE | Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (21) 2109-8999 Redação (cienciahoje@cienciahoje.org.br)
APOIO:
SBPC CBPF FAPERJ UFRJ

Os pilares da ponte para o futuro

No início do século 20, jovens movidos pela curiosidade desenvolveram uma nova concepção da natureza: a física quântica. Não tinham a menor ideia das possíveis aplicações dessa teoria. Cem anos depois, cerca de 1/3 do produto interno bruto (PIB) norte-americano baseava-se em tecnologias resultantes daquela nova física: o *laser*, a ressonância magnética nuclear, o transistor, os computadores. A curiosidade daqueles jovens levou a revoluções tecnológicas que transformaram o mundo.

Conscientes da importância da ciência em tempos de evolução acelerada do conhecimento, e apesar de estarem envolvidos em grave crise econômica global, vários países têm aumentado o investimento em ciência e inovação tecnológica. Em 2012, a China aumentou o investimento na pesquisa básica em 26%. Em 2020, China e União Europeia pretendem alcançar, respectivamente, 2,5% e 3% do PIB em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Coreia do Sul e Israel já investem cerca de 4% do PIB em P&D. Os Estados Unidos, 2,8%.

Já o Brasil investe hoje menos que 1,5% do PIB em P&D e, desde 2013, tem reduzido substancialmente os recursos para ciência e tecnologia (C&T). O orçamento atual do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), menos de R$ 5 bilhões, está longe do valor de 2013, corrigido pela inflação: R$ 10 bilhões. A adição do 'C' final ao MCTI não trouxe os recursos correspondentes...

É urgente reverter essa tendência. Como demonstram outros países, é possível fazer ajustes na economia, em épocas de crise, e aumentar ao mesmo tempo o investimento em ciência, tecnologia e educação, pilares essenciais da ponte para o futuro.



CAPA: FOTO PIXABAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO

Luiz Davidovich
Presidente da
Academia Brasileira de Ciências
Editor convidado

Atendimento ao assinante e números avulsos: **0800 727 8999** | CH On-line: **www.cienciahoje.org.br** | **chonline@cienciahoje.org.br**
No Rio de Janeiro: **21 2109-8999** | Para Anunciar TELEFAX.: **11 3539-2000** | **cienciasp@cienciahoje.org.br**

CIÊNCIA EM DIA

O ESPAÇO DA CIÊNCIA BRASILEIRA
SETEMBRO DE 2016

A Semana Nacional de Ciência e Tecnologia está saindo do forno

Com o tema "Ciência alimentando o Brasil", a 13ª edição da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) vai agitar mais de mil municípios brasileiros entre os dias 17 e 23 de outubro. O objetivo, neste ano, é mostrar como o conhecimento científico e tecnológico é um importante aliado na promoção do acesso aos alimentos e à nutrição saudável.



SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA 2016
CIÊNCIA ALIMENTANDO O BRASIL

Para o coordenador do evento, Douglas Falcão, a SNCT vem para mostrar que as técnicas de agropecuária combinadas corretamente com a inovação são suficientes para alimentar os mais de 7 bilhões de humanos que habitam o planeta. "Nesse sentido, o Brasil é uma potência mundial. Nossa agricultura é muito pautada nas tecnologias e nas pesquisas científicas".

Por meio de um edital inédito, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) destinou R$ 4,3 milhões para realização da SNCT 2016. O Distrito Federal e mais 24 estados foram contemplados, ampliando a distribuição dos recursos e estimulando o surgimento de novos organizadores.

Em 2015, cerca de 147 mil atividades ocorreram em mais de 2,6 mil instituições espalhadas pelo País. Para fazer parte da programação oficial, basta se cadastrar no *site* http://semanact.mcti.gov.br/ a partir de setembro. É nesse canal que você também fica por dentro de tudo o que está acontecendo antes e durante o evento.

Água de reúso vira adubo líquido no semiárido

Uma alternativa viável para aumentar a produção de alimentos em zonas secas é o reúso do esgoto doméstico. Estudo realizado na Paraíba pelo Instituto Nacional do Semiárido (Insa) – unidade de pesquisa do MCTIC – mostrou que irrigar o solo com água de reúso faz crescer a fertilidade em até 800%. A técnica aumentou as quantidades de fósforo, nitrogênio, cálcio e magnésio no solo, ao mesmo tempo em que reduziu a presença do alumínio.

Combate à desnutrição: um legado dos Jogos Rio 2016

O MCTIC e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) lançaram uma plataforma digital que vai unir pesquisadores de diversos países. A iniciativa é fruto da parceria entre os dois últimos países-sede das Olimpíadas, Brasil e Reino Unido, firmada para enfrentar o problema que mata 3 milhões de crianças no mundo a cada ano. A Rede Global de Ensino, Pesquisa e Extensão em Nutrição, Soberania e Segurança Alimentar (Nutri SSAN) foi desenvolvida pelo Ministério e estará em funcionamento pleno até o início de 2017.

Na mídia

O Google escolheu o Brasil para receber o seu primeiro *campus* latino-americano para o desenvolvimento de *startups*. Localizado em São Paulo, o espaço vai receber 15 empresas nacionais que contarão com o apoio da gigante da internet e seus *experts* para turbinarem os projetos. A visita rendeu ainda novas parcerias entre o MCTIC e o Google, especialmente na área de educação e sistemas para equipamentos públicos.



sumário

340 | SETEMBRO 2016

CH ON-LINE 5

O LEITOR PERGUNTA 6 — Quais os efeitos psicotrópicos da droga fentanil, que matou o cantor norte-americano Prince? | Um animal aquático com capacidade de causar uma descarga elétrica conseguiria infligir um choque a uma distância maior na água salgada do que na água doce?

ENTREVISTA 8 — MARCELO VIANA | SEMEADOR DE FUTUROS | A importância de mudar a visão da matemática na sociedade

MUNDO DE CIÊNCIA 12

A PROPÓSITO 19 — OS SEGREDOS DA LOURA | Bioquímica ajuda no controle de qualidade da cerveja

O LADO SOMBRIO DA LUZ **20** — Com o aprimoramento das tecnologias de iluminação e o crescimento das cidades, a produção e a distribuição de luz artificial aumentaram enormemente, a níveis excessivos e desnecessários, gerando efeitos na natureza pouco divulgados.
Por Oskar Hagen e Alessandro Barghini



ONDAS DE MATÉRIA E SUA INTERFERÊNCIA **26** — O mundo quântico (de dimensões atômicas e subatômicas) é repleto de fenômenos estranhos. Um deles é o fato de uma partícula com massa ser dotada de uma onda de matéria, que se comporta como aquelas que se formam na superfície de um lago. Tal comportamento desafia nossa intuição.
Por Ginette Jalbert, Yuri Muniz e Nelson V. de Castro Faria

TESOUROS DO CERRADO **32** — Em antigas regiões garimpeiras do cerrado, populações tradicionais exploram atualmente outro tipo de joia: plantas secas ornamentais. Com importância econômica, social e cultural, os recursos ornamentais de ecossistemas naturais, se bem manejados, podem ajudar a fornecer diversos outros serviços ecossistêmicos.
Por Ana Carolina Neves, Gabriela Viana Lima, Geraldo Wilson Fernandes e Kesley Henrique da Silva



O SERTÃO VIROU MAR: quando a solução pode se tornar um problema **38** — O cenário do semiárido nordestino vem mudando pelo manejo dos rios e a transposição das águas entre bacias hidrográficas. Mas os benefícios podem ser um problema, se não forem tomadas medidas de preservação da qualidade das águas.
Por Mauricio Mussi Molisani

HOMOCISTEÍNA: marcador de risco para doenças neurodegenerativas e cardíacas **44** — Estudos sugerem que altos níveis de homocisteína (sintetizada a partir do metabolismo do aminoácido metionina) no plasma sanguíneo e nos tecidos podem estar relacionados à maior predisposição para doenças neurodegenerativas e cardíacas.
Por Angela T. S. Wyse

PELO BRASIL 48

FORA DO QUADRO 50 — FORA DO QUADRO | MUITO ALÉM DA BELEZA | Os diversos usos das flores secas

CRÍTICA 52 — TENSÃO À MOSTRA | Jason Bourne destaca o necessário equilíbrio entre as ações de inteligência e a supervisão da própria atividade

ENSAIO 55 — A VIDA NO LIMITE | Como alguns micro-organismos conseguem sobreviver em ambientes extremos

RESENHA 58 — UM SEXÓLOGO DO INÍCIO AO FIM | Resenha do livro *Meu encontro com os outros*, de Sérgio Carrara e Marcos Carvalho

MEMÓRIA 50 — SIEMENS E O DÍNAMO | Há 150 anos, era inventado o dínamo

CARTAS 62

EXATAMENTE 63 — O MONSTRO E O ABRAÇO À BEIRA DO LAGO | A acreção é a fonte mais eficiente de energia no universo

QUAL O PROBLEMA? 64 — CONTANDO COM OS OUVIDOS | A relação dos números com a escala musical

COLUNAS | GALERIA | ENTREVISTA | VÍDEO

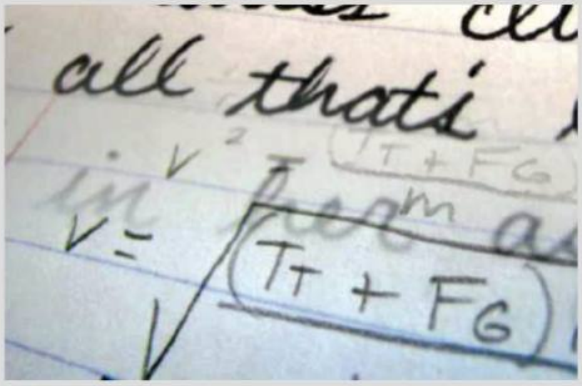


FOTO: ADAPTADO DE STEPHENIE SCHUKRAFT / FLICKR / CC BY-NC 2.0

FÍSICA > **Física para poetas** > Diante das dificuldades enfrentadas pelo ensino de ciências de uma maneira geral, nosso colunista Adilson de Oliveira propõe uma abordagem interdisciplinar para a divulgação da física

> **http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4852/n/fisica_para_poetas**



FOTO DAVI C. TAVARES

NOTÍCIAS > **http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4866/n/estranho_no_ninho**

ECOLOGIA > **Estranho no ninho** > Atobás-marrons utilizam lixo na construção de ninhos e seus filhotes são expostos à poluição desde o nascimento

BLOGUE > **http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4860/n/desconhecidas_montanhas_da_amazonia**

BOTÂNICA > **Desconhecidas montanhas da Amazônia** > Livro relata viagens de biólogos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro a regiões inóspitas da floresta



FOTO RICARDO AZOURY



FOTO PIXABAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO

COLUNAS > **http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4864/n/lei_sobre_a_biodiversidade,_adivinhe_onde**

ECOLOGIA > **Lei sobre a biodiversidade, adivinhe onde** > Legislação promete uma série de avanços na área ambiental. Onde será? Tema é pauta da coluna 'Planeta em transe', de Jean Remy Guimarães

COLUNAS > **http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4858/n/questao_de_informacao**

LINGUÍSTICA > **Questão de informação** > Variações na regência verbal são fatos comuns entre gerações diferentes de falantes de uma língua e não devem ser consideradas erros gramaticais



FOTO: PIXABAY/ DOMÍNIO PÚBLICO



ZELIA QUADROS, RIO DE JANEIRO/RJ

Quais os efeitos psicotrópicos da droga fentanil, que matou o cantor norte-americano Prince? E quais as consequências para o organismo em longo prazo?

O FENTANIL É UM OPIOIDE, ou seja, pertence à mesma classe de drogas da morfina e heroína, sendo ainda mais potente do que essas duas. Os usuários de fentanil podem experimentar uma sensação muito agradável de euforia, seguida de relaxamento. É uma droga que induz dependência muito rapidamente e, com o passar do tempo, a pessoa fica paranoica, com falta de motivação e não consegue parar de usá-la, principalmente por causa dos sintomas da abstinência que são extremamente desagradáveis (confusão mental, diarreia, irritabilidade, dor muscular, tremores).

O fentanil é usado como analgésico em casos de dor relacionada ao câncer ou outra dor crônica forte, e mesmo para reduzir a dor no pós-operatório.

É uma droga que deve ser monitorada por profissionais de saúde.

Em geral, os efeitos colaterais mais comuns são náusea, vômito, tontura, muita constipação e sensação de embriaguez.

Há vários casos de morte associados ao uso inadequado de fentanil, resultante principalmente de sobredosagem e de seu uso prolongado.

A utilização do fentanil por muito tempo acarreta tolerância, ou seja, ele começa a perder seu efeito. Por conta disso, é necessário aumentar a dose para atingir o mesmo efeito inicial. Pode ocorrer também hiperalgesia (a pessoa fica mais sensível à dor).

Em caso de sobredose, o indivíduo apresenta estado mental alterado, hipoventilação (respiração curta e lenta), miose (a pupila fica contraída, do tamanho da cabeça de um alfinete), pode ocorrer edema pulmonar, pressão arterial baixa (hipotensão), redução do ritmo cardíaco (bradicardia), contração muscular (mioclonia), convulsão e depressão respiratória, chegando ao coma e à morte.

Rosana Camarini
DEPARTAMENTO DE FARMACOLOGIA,
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS,
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FOTO RUUD DE JONG / FREEIMGES

CAIO CÂNDIDO CERQUEIRA, TRÊS RIOS/RJ

Um animal aquático com capacidade de causar uma descarga elétrica conseguiria infligir um choque a uma distância maior na água salgada do que na água doce?

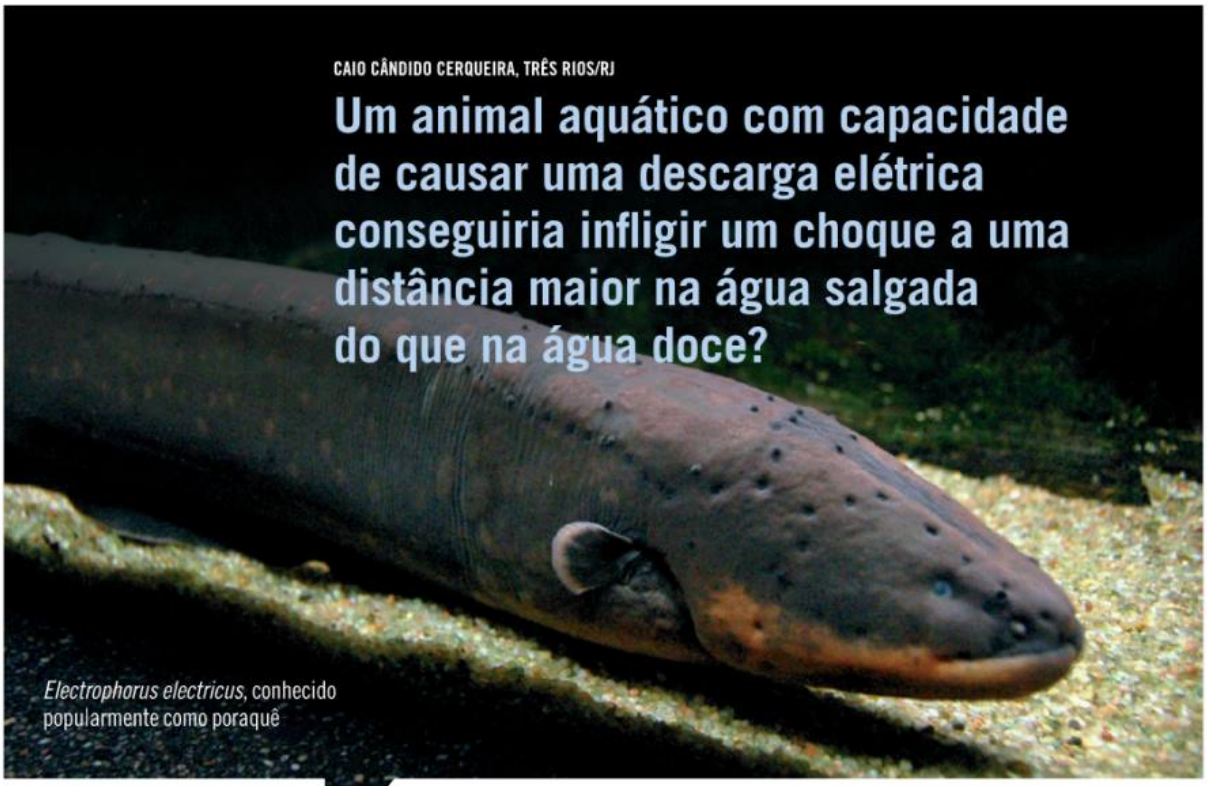


FOTO WIKIMEDIA COMMONS

Electrophorus electricus, conhecido popularmente como poraquê

A MAIORIA DOS PEIXES elétricos emite descargas de baixa voltagem, pouco perceptíveis ao organismo humano. O poraquê, o peixe elétrico capaz de produzir as descargas elétricas mais fortes, entre 300 e 1.500 volts, vive em água doce. Já outro peixe elétrico bastante conhecido é a raia-elétrica, que vive em água salgada. As correntes produzidas por ela chegam a cerca de 250 volts.

A condutividade elétrica da água depende, entre outros fatores, de sua temperatura e da quantidade de íons dissolvidos nela. A água salgada, por ter mais íons dissolvidos, apresenta maior condutividade do que a água doce.

Considerando que a condutividade é a capacidade de difundir uma corrente elétrica, a água salgada tem capacidade maior de difusão dessa corrente do que a água doce. Assim, a descarga elétrica na primeira atinge uma distância maior do que na segunda.

Quanto mais longe se está do ponto onde a corrente elétrica foi originada, menores serão os efeitos sentidos. Mas, se a condutividade for maior, os efeitos serão mais fortes em distâncias maiores. Isto é, se um peixe elétrico emitir uma descarga elétrica em um determinado ponto, para uma mesma distância, sentiremos o choque com maior intensidade na água salgada.

Clarissa Brazil Sousa
LABORATÓRIO DE ECOLOGIA DE PEIXES, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO E COLÉGIO PEDRO II

CARTAS PARA A REDAÇÃO I Av. Venceslau Brás, 71 fundos I casa 27 I CEP 22290-140 I Rio de Janeiro I RJ
CORREIO ELETRÔNICO I cienciahoje@cienciahoje.org.br

MARCELO VIANA

SEMEADOR DE FUTUROS

Em 2014, o maior prêmio internacional de matemática, a medalha Fields, foi para o brasileiro Artur Ávila, do Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (Impa), instituição de pesquisa de ponta com sede no Rio de Janeiro (RJ). Em junho último, o Impa voltou ao foco da mídia pela obra de seu diretor-geral, o também brasileiro Marcelo Viana, que conquistou o Grande Prêmio Científico Louis D., outorgado pela Academia de Ciências da França.

É a primeira vez que a láurea é destinada à área de matemática. E Viana quer aproveitar os holofotes voltados em sua direção para mudar a imagem que a matemática tem por aqui. "É uma sociedade em que os pais dizem aos filhos que a matemática é difícil", lamenta. Para transformar essa realidade, o diretor do Impa já arregaçou as mangas e projeta fazer de 2017 e 2018 o 'Biênio da Matemática'. O 'pretexto' é a realização de dois eventos importantes no Rio: a Olimpíada Internacional de Matemática, em 2017, e o Congresso Internacional de Matemáticos, em 2018 – este último com o tema 'Semeando o futuro'.

Crianças e jovens de todo o país serão convidados a participar de fanfarras, feiras e eventos para despertar a curiosidade e o interesse pela 'ovelha negra' do conhecimento. "Queremos fazer da matemática uma grande festa", diz Viana.

ALICIA IVANISSEVICH | *CIÊNCIA HOJE* | RJ
MARCO MORICONI | INSTITUTO DE FÍSICA | UFF



FOTO IMPA

O senhor ganhou recentemente o principal prêmio científico da França, por trabalhos realizados na área de sistemas dinâmicos. Como explicaria para os leitores não familiarizados com o tema, o que aborda essa linha de pesquisa? Sistema é qualquer fenômeno – natural ou artificial – no qual há diversas variáveis. Por exemplo, na previsão do tempo, há vários fatores envolvidos: temperatura, pressão, umidade, a ação humana, do Sol e da Lua. Todos esses ingredientes se relacionam. Outro exemplo é o sistema ecológico, em que diferentes espécies animais e vegetais interagem: o leão come a zebra, a zebra come a grama etc. Então, nessa linha de pesquisa, buscamos escrever equações que descrevem tal interação. Essas equações, em geral, são complicadas de resolver. É preciso entender o que elas dizem, quais as soluções possíveis, como elas se comportam, se é possível prever o que vai acontecer com esses fenômenos e, em muitos casos, saber também o que acontece se houver uma intervenção. Se há uma praga que está afetando sua produção agrícola e você decide usar agrotóxicos para controlá-la, essa medida será

eficaz? Antes de jogar o agrotóxico na plantação, é preciso saber qual será seu efeito, porque pode ocorrer exatamente o contrário do que se espera: o de produzir uma espécie de praga resistente ao agrotóxico. Então, sistemas dinâmicos é uma área da matemática – e também da física – que busca descobrir quais são as equações que descrevem um dado fenômeno e tenta resolvê-las, ou, pelo menos, busca entender quais as possíveis soluções para poder fazer previsões e tentar controlar a evolução do sistema, além de estimar o impacto de uma dada intervenção.

Uma aplicação dessa linha de pesquisa é o planejamento urbano. É possível escrever equações de como flui o trânsito de uma cidade em função de sua topografia, da capacidade de escoamento das ruas etc., e, antes de fazer uma obra, pode-se prever qual será o efeito de fechar uma rua, ou de alargar outra via, porque, de novo, o efeito pode ser o contrário do esperado. Quais as vantagens disso? Fazer estudos antes de começar a gastar dinheiro com obras, de incomodar as pessoas e de causar estragos na natureza.

E como explicaria especificamente o seu trabalho dentro dessa área? Eu busco utilizar ferramentas da teoria das probabilidades – o estudo do aleatório – para entender como evoluem fenômenos que são, em princípio, determinísticos (previsíveis). Esse tipo de estudo começou no século 19 para compreender o comportamento dos gases: um monte de bolinhas (moléculas) que se chocam umas com as outras. O que os pioneiros perceberam é que, embora seja possível tentar entender esse sistema propondo um modelo do tipo sinuca (em que as bolas batem umas nas outras), no caso de um gás, o número de bolinhas seria de 1 seguido de 23 zeros; não dá para escrever esse número de equações no quadro. Então, é preciso fazer uma abordagem probabilística. O [físico austríaco Ludwig] Boltzmann [1844-1906] inventou a palavra 'ergódico' para descrever esse tipo de estudo. Existe hoje uma área chamada teoria ergódica, que nasceu desse estudo dos gases e depois se expandiu. Na virada do século 19 para o 20, o grande matemático francês [Jules Henri] Poincaré [1854-1912] começou a vender a ideia de que não deveríamos tentar resolver essas equações, já que muitas vezes isso não é possível. Ele propôs uma abordagem qualitativa. A minha pesquisa é nessa área: métodos probabilísticos, que chamamos estocásticos, para descrever e entender a evolução dos sistemas dinâmicos.

O prêmio foi dado por um trabalho específico ou pelo conjunto da obra? Foi concedido pelo conjunto da obra e também com base em um projeto que submeti dentro dessa linha e tendo como pano de fundo a cooperação entre o Brasil e a França em matemática, que é historicamente muito importante.

Quanto tempo tem essa cooperação? Depende de como se calcula. Matemáticos franceses de primeiríssimo nível vieram visitar o Brasil nos anos 1950. André Weil [1906-1998] passou dois anos na USP [Universidade de São Paulo], Laurent Schwartz [1915-2002], que ganhou a medalha Fields, passou um ano na USP e também participou de vários eventos no Impa. Havia um programa da USP desenhado para atrair matemáticos europeus e americanos para cá de modo a alavancar o desenvolvimento da universidade. Mas havia contatos pessoais também, sobretudo do Leopoldo Nachbin [1922-1993] e do Maurício Peixoto, com matemáticos franceses, nos primórdios do Impa. Mas foram ações isoladas e de pouco efeito. A colaboração com a França realmente deslanchou no final dos anos 1970, tomando um rumo diferente. Na época, a França permitia que os jovens substituíssem o serviço militar por missões de cooperação com outros países. Foi quando começaram a vir franceses para cá. Um deles é o Jean-Christophe Yoccoz, que acabou ganhando a medalha Fields. Esses matemáticos jovens acabaram criando laços muito intensos com o Impa. Quando esse sistema de fazer o serviço militar obrigatório acabou na França, no início dos anos 1990, ficamos bastante preocupados e buscamos formas de tentar preservar a cooperção. Criou-se então um acordo com a agência de pesquisa da França, o CNRS, pelo qual o Impa foi classificado como uma unidade de pesquisa do CNRS e, portanto, é considerado 'território francês'. A designação técnica é 'unidade mista internacional', e, em todas as áreas, o Impa é a única no Brasil.

Como vê o fato de o prêmio ter contemplado a matemática pela primeira vez? Fico muito orgulhoso. Devo ser o máximo! [risos]. Vejo o prêmio como um reconhecimento no meio científico francês de que o Brasil hoje não é o mesmo dos anos 1950, quando os matemáticos franceses vinham para cá e não tinham praticamente com quem falar. É o reconhecimento do Impa e da matemática brasileira.

A área de sistemas dinâmicos é o carro-chefe do Impa. É, inclusive, a área em que seus pesquisadores têm obtido grandes >>>

TEMOS QUE COMEÇAR A DIALOGAR, A POPULARIZAR A MATEMÁTICA. PRECISAMOS MUDAR A IMAGEM QUE A MATEMÁTICA TEM NA SOCIEDADE

prêmios. Por que há essa ênfase nessa linha de pesquisa? Eu costumo responder com outra pergunta: quem veio primeiro? O Pelé ou o Santos? Foi o Pelé que se beneficiou de estar num time que foi campeão do mundo, ou foi ele que fez o Santos ser campeão do mundo? Não tenho a menor dúvida de que o Pelé fez o Santos ser campeão do mundo, como o Messi fez o Barcelona ter sucesso e o Maradona fez a Argentina ganhar. Acredito que são os indivíduos que fazem a diferença. Então, no Impa, devemos creditar essa ênfase em sistemas dinâmicos a personalidades como Maurício Peixoto, Jacob Palis, Wellington de Melo (orientador do Artur Ávila), Ricardo Mañé [1948-1995].... Quando se tem um grupo que desponta, que tem brilho, ele atrai os alunos mais ambiciosos intelectualmente. Mas, embora a área de sistemas dinâmicos tenha sido o carro-chefe do Impa há 30 anos, isso não é mais verdade. Temos 11 áreas de pesquisa e algumas delas com destaque internacional acentuado, como a de probabilidade e a de geometria.

O Impa é uma instituição reconhecida internacionalmente e uma ilha de excelência em pesquisa matemática. Existe algum projeto no Instituto de descentralizar, ou melhor, de multiplicar essa produção científica e formar pessoal altamente qualificado no resto do país? Periodicamente, alguém levanta a ideia de criar filiais do Impa nas diversas regiões do país. Já se falou em fazer um Impa em São Paulo, outro no Nordeste. De nossa parte, adoraríamos. Mas tem que se pensar muito como isso seria feito. Não podemos criar no Nordeste uma instituição do jeito que o Impa é hoje, porque ele não foi criado assim. O Impa começou pequenininho, com dois pesquisadores que nem salário tinham, em duas salas emprestadas do CBPF [Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas]. O processo de começar tem que ser inteligente, não pode ser abrupto. Mas a ideia de descentralizar fisicamente o Impa, de ter outras unidades, é bem-vinda, desde que seja aproveitada a experiência histórica. Somos favoráveis a plantar um germe disso aqui e vê-lo crescer lentamente, com muito rigor e exigência na contratação. O Impa demorou 60 anos para ter 46 pesquisadores, e atraímos como visitantes mais 60 pessoas de dentro e de fora do país.

Essas pessoas que se formam no Impa retornam ao seu lugar de origem? Se sim, elas poderiam criar outros centros de excelência em suas cidades, não? Retornam. Praticamente todos os programas de pós-graduação em matemática que existem no Brasil hoje – com exceção da USP e da Unicamp [Universidade Estadual de Campinas] – foram construídos por ex-alunos do Impa. Essa irradiação certamente aconteceu ao longo do tempo. Então, tem a descentralização física, mas tem também outra descentralização, que já vem acontecendo, em que o Impa se envolve em iniciativas que vão além da própria pesquisa. O Impa faz todo ano as Olimpíadas de Matemática em escolas públicas; mantém o programa de aperfeiçoamento de professores do ensino médio, criado em 1990; apoia cada vez mais a Olimpíada Brasileira de Matemática e ainda organiza, desde 1957, o Colóquio Brasileiro de Matemática, que se realiza a cada dois anos e que reúne toda a comunidade brasileira de matemáticos. Então, a descentralização de atividades já vem acontecendo e talvez seja tão importante quanto a descentralização física.

Em 2018, o Rio de Janeiro vai sediar pela primeira vez o Congresso Internacional de Matemáticos, e o senhor é responsável pela organização e direção do encontro. Qual a importância de realizar eventos como esse no país? Enorme. O congresso foi pensado no final do século 19 como maneira de juntar os matemáticos para trocarem ideias. Embora o mundo tenha mudado muito, o encontro se mantém com esse objetivo. E, curiosamente, nunca aconteceu no hemisfério Sul. O Brasil aderiu à União Matemática Internacional em 1954. Entramos no grupo 1, que é o mais baixo de cinco. Subir nos grupos significa que a matemática é melhor, o país tem mais votos na assembleia e paga mais pela anuidade. Já passamos para o grupo 2 e o 3 nos anos 1970 e para o grupo 4 em 2005. Eu tenho o sonho de que passaremos para o grupo 5, num horizonte não muito distante. Então, termos conseguido ganhar a disputa para sediar o congresso é o reconhecimento internacional de nossa matemática e de nossa capacidade de organização. É um evento caro,

VOU FAZER UMA PROFECIA: A MATEMÁTICA VAI CONTINUAR CHEIA DE ENERGIA E VITALIDADE, INVENTANDO SEUS PRÓXIMOS PROBLEMAS POR PELO MENOS MAIS 100 ANOS

complexo, difícil. Mas o mais importante é que, quando propusemos nossa candidatura, imaginamos que esse congresso precisava ter lucro para o país. E o que seria? Usarmos o encontro para popularizarmos a matemática. Escolhemos como tema 'Semeando o futuro'. Então, nosso grande desafio é aproveitar essa oportunidade para mudar a imagem que a matemática tem na sociedade.

Acha possível fazer divulgação de matemática atraente para o grande público? Se eu não achasse, não estaria investindo nisso. Pouco depois de ganharmos o congresso, ganhamos também a organização da Olimpíada Internacional de Matemática, que será um ano antes. Então, tive a ideia de declarar o período entre os dois eventos como o Ano da Matemática no Brasil. Um dos nossos conselheiros sugeriu que fizesse o governo declarar oficialmete. Melhor que isso: o Congresso. Entrei em contato com um pequeno grupo de deputados, que gostaram da ideia, mas, segundo eles, o 'ano' deveria começar no dia 1° de janeiro. Então, fizeram uma contraproposta: por que não declarar o 'biênio da matemática' para o período 2017-2018? Conclusão: tem um projeto de lei tramitando no Congresso – já foi aprovado na Câmara e pela Comissão de Educação do Senado e espera aprovação final do Senado. E o que seria o biênio? É um instrumento fundamental, porque nos dá legitimidade para escrever para as secretarias de educação e sugerir que as escolas participem de atividades, orientem seus currículos e atividades extracurriculares na direção da matemática. Esse é o meu grande desafio: fazer o biênio acontecer. O primeiro passo foi dado. Agora temos que começar a dialogar, a popularizar a matemática. Precisamos mudar a imagem que a matemática tem na sociedade. É uma sociedade em que os pais dizem aos filhos que a matemática é difícil. É um grande trabalho, mas é possível. E começaremos com fanfarras. No fim de abril, vamos promover o Festival da Matemática, uma feira com atividades para a população em vários locais do Rio de Janeiro e talvez em todo o país. Estou propondo também que a matemática seja o tema da Semana de Ciência e Tecnologia de 2017.

Em encontros como o Congresso Internacional de Matemáticos, costumam ser lançados desafios para as próximas décadas. Poderia citar quais são os problemas centrais que os matemáticos ainda não conseguiram resolver? O congresso é um encontro para conversar sobre os últimos progressos da área. No evento de 1900, [o matemático alemão David] Hilbert [1862-1943] fez uma lista de problemas para o século 20 que acabou se tornando muito importante. Dos 23 problemas que formulou, um ainda resiste sem solução e outros foram resolvidos, ou se revelaram errados. Foram feitas várias listas para o século 21, não tão bem-sucedidas. O mundo e a matemática estão muito mais complexos hoje. Há problemas famosos e eu, particularmente, gosto de dois deles. Um é a hipótese de Riemann, que talvez seja o mais importante em aberto: é uma afirmação técnica que o matemático alemão Bernhard Riemann [1826-1866] fez, supondo que "se este ponto for verdadeiro, então eu consigo provar várias coisas". De 1859 para cá, muita gente tem seguido a mesma hipótese e foi proposto um monte de resultados, mas nenhum definitivo. Outro problema de que eu gosto muito é P = NP. Ele coloca a seguinte pergunta: todos os problemas para os quais existe uma maneira de verificar se a solução está certa em tempo rápido têm também uma maneira de encontrar a solução rapidamente? Esse problema tem muitas ramificações práticas e teóricas – e até implicações filosóficas, como o que significa o pensamento humano Esses são problemas famosos, que dão direito a 1 milhão de dólares. Embora a matemática seja motivada por esse tipo de desafio, ela também é um bichinho que cresce por vontade própria. Nesse sentido, gosto de citar algo que eu mesmo escrevi: "Eu acho que foi Voltaire que disse que nem o profeta mais talentoso consegue estar sempre errado". Tem outra versão sobre isso que diz que "é muito difícil fazer profecias, especialmente sobre o futuro". [risos] Frequentemente, tem colegas que se questionam se é o fim da matemática, se se acabaram os problemas etc. Mas, a verdade é que temos novos desafios constantemente. Então, vou fazer uma profecia: a matemática vai continuar cheia de energia e vitalidade, inventando seus próximos problemas por pelo menos mais 100 anos. CH

DESTAQUE > ASTRONOMIA > **ACHADO PLANETA COM CARACTERÍSTICAS TERRESTRES ORBITANDO A ESTRELA MAIS PRÓXIMA DO SOL**

Terra à vista!

Nas últimas décadas, planetas têm sido descobertos aos borbotões, até aqueles que se parecem com a Terra. Mas este último é especial: além de ser rochoso, ocupa uma zona dita temperada, que, em tese, permitiria a existência de água em estado líquido. Resta, obviamente, a questão que não quer se calar desde que a humanidade começou a questionar a si e à natureza, há mais de 2,5 mil anos: haveria vida lá?

O Proxima Centauri b – ou apenas Proxima b – tem massa levemente (1,3 vez) maior que a da Terra. No entanto, sua translação é de apenas 11,2 dias, pois está bem perto (cerca de 7 milhões de km, menor que a distância entre o Sol e Mercúrio) de Proxima Centauri, a estrela mais perto do Sol.

Essa proximidade entre planeta/estrela (no caso, um vigésimo da distância Terra-Sol) não é, em geral, bom sinal quando se quer tentar fazer suposições sobre a presença de água líquida em um planeta, pois torna a superfície dele muito quente. Mas, nesse aspecto, Proxima Centauri tem uma vantagem: é pequena, com apenas 12% da massa do Sol, sendo, por isso, classificada, como anã M – por sinal, o tipo de estrela mais abundante da Via Láctea.

Proxima b foi descoberto pela equipe de Guillem Anglada-Escudé, da Universidade de Londres (Reino Unido), com base no 'bamboleio' gravitacional que o planeta causa na órbita de sua estrela. As observações foram feitas por uma equipe de 30 pesquisadores e com instrumentos do Observatório Europeu Meridional (ESO), no Chile.

As evidências desse novo planeta foram se acumulando nos últimos 15 anos, mas só agora os dados permitiram afirmar a existência desse corpo celeste. Esses resultados estão em *Nature* (25/08/16).



Concepção artística de Proxima b, planeta rochoso como a Terra que orbita Proxima Centauri, estrela mais perto do Sol

ESO/M. KORNMESSER

Outra questão pendente sobre Proxima b é em relação às condições de sua atmosfera. Digamos que se comprove que o planeta tenha água líquida, isso não vai garantir as condições ideais para a vida (como a conhecemos na Terra) lá, pois uma anã M (ou vermelha) é muito ativa, e, por conta disso, o novo planeta recebe cerca de 400 vezes mais radiação (raios X) do que a Terra.

Proxima b tem campo magnético, que, como na Terra, age como um escudo contra esse bombardeamento? E se a atmosfera de Proxima b for de gases venenosos?

MISSÃO IMPOSSÍVEL Não se conhecem ainda as respostas para essas questões. Mas se sabe que anãs M têm uma vida média muito superior à do Sol – ou seja, vivem muito mais do que nossa estrela. Então, pode ser que, no longo prazo, surjam condições para a vida lá.

Há técnicas para determinar se um planeta tem ou não atmosfera. Isso é feito, por exemplo, quanto ele passa na frente de sua estrela, e a luz desta interage com os elementos químicos atmosféricos, alteração que pode ser captada por instrumentos aqui na Terra ou em equipamentos espaciais. Mas especialistas dizem que, no caso de Proxima b, as chances de essa técnica responder à pergunta são baixíssimas – além disso, nem mesmo se sabe se Proxima b executa tal trânsito.

Vale repetir: as anãs vermelhas são as estrelas mais comuns na Via Láctea. Então, se Proxima b reservar alguma surpresa (água líquida, atmosfera adequada ou mesmo sinais de vida), algo semelhante poderá ser buscado em uma imensidão de locais na galáxia.

Chegar até Proxima b é 'missão impossível' no momento. Aquele corpo rochoso está a cerca de 4 anos-luz de nós – perto, para as dimensões astronômicas, mas isso significa cerca de 40 trilhões de km. Se uma nave pudesse – o que não é possível – viajar à velocidade da luz (300 mil km/s), tal deslocamento levaria, ainda assim, quatro anos. Marte fica a 'menos de um ano de viagem' daqui e já é uma dor de cabeça em termos de tecnologia e logística.

Nos dois próximos anos, a Nasa (agência espacial dos EUA) deverá lançar satélites e telescópios espaciais de última geração, como o TESS e o James Webb. Será a chance de tentar responder a várias dessas perguntas e estudar um planeta que, até este momento, é o melhor modelo de 'Terra' que temos.



SINTONIA FINA

Que a (5ª) força esteja com... o bóson X?

Não é um despropósito imaginar o olhar dos editores científicos que receberam o artigo que acaba de ser publicado em uma das mais prestigiosas revistas científicas da atualidade. Os autores do tal trabalho propõem nada menos que a existência de uma quinta força da natureza.

Para os menos iniciados nas coisas da física, tal proposição para muitos físicos soará provavelmente como algo equivalente a dizer que a 'Terra é quadrada' ou 'a astrologia funciona'.

Certo, logo de início o leitor mais ambientado na área poderia rebater com o seguinte argumento: há um século, eram conhecidas apenas duas das quatro forças do universo – a gravitacional, que faz os corpos caírem rumo ao chão, e a eletromagnética, responsável pela atração/repulsão entre cargas elétricas e polos de ímãs, bem como por fenômenos corriqueiros, como o atrito.

A partir da década de 1930, outras forças passaram a entrar em cena: a fraca nuclear, que explica alguns tipos de radioatividade, e a forte nuclear, que mantém o núcleo atômico coeso. Ambas só agem em dimensões subatômicas.

Três dessas forças (eletromagnética, fraca e forte) estão acomodadas em um dos mais belos ferramentais teóricos criados pela mente humana: o chamado Modelo Padrão de Partículas Elementares ('indivisíveis') e Interações ('forças') Fundamentais, que pode ser imaginado com uma tabela com cerca de 20 constituintes básicos da matéria que forma o universo visível. A gravidade, por sua vez, é descrita por outra obra de arte da física teórica: a relatividade geral, finalizada pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), em 1915.

Esses dois pilares da física contemporânea respondem por fenômenos que vão do microuniverso subatômico aos eventos gigantescos da astronomia e astrofísica (galáxias, buracos negros, surgimento do universo etc.). Uma das grandes questões científicas hoje é juntar, em um só arcabouço teórico, a mecânica quântica (base do Modelo Padrão) e a relatividade geral. Trabalho para lá de árduo, dada a complexidade matemática e fenomenológica do tema.

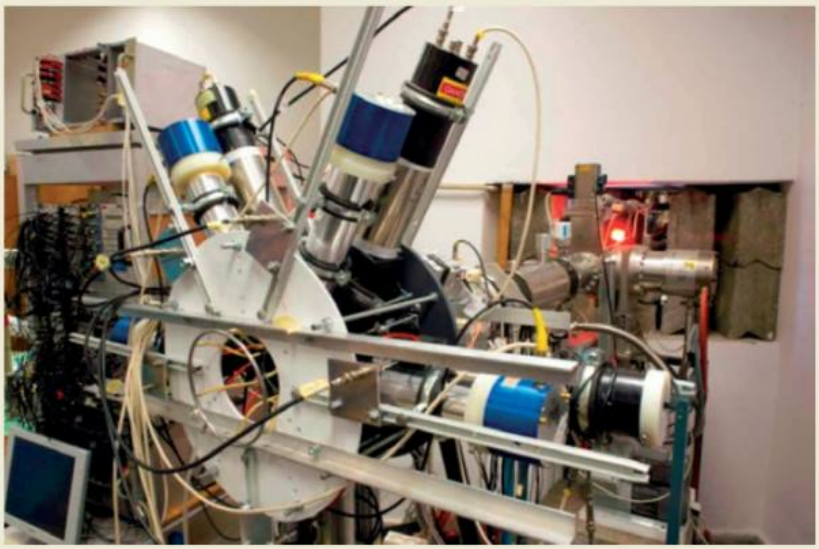
Apesar da 'falta de diálogo' entre o mundo micro e macro, o céu da física – pelo menos, no quesito 'forças' – é, como dizem os pilotos, 'de brigadeiro'. Uma quinta força não é algo que veio, pouco a pouco, sendo construído pelos físicos nas últimas décadas, para enfrentar dificuldades fenomenológicas. Ela simplesmente parece ter surgido quase do nada. E veio na tentativa de explicar uma anomalia observada em um núcleo atômico (no caso, de berílio), quando este 'cospe' uma partícula de luz (fóton) para se livrar do excesso de energia. Pesquisadores notaram que um em cada 1 milhão de fótons expelidos se comportava estranhamente.

Essa anomalia foi observada por um grupo experimental da Hungria e está relatada em artigo publicado no início deste ano em uma revista de prestígio, a *Physical Review Letters* (26/01/2016). Lá, os húngaros não falam explicitamente em quinta força, mas, sim, de uma nova partícula, sem carga elétrica, de massa pequena (cerca de 30 vezes mais pesada que o elétron), que poderia ser a 'culpada' pela anomalia.

Apesar dessa ousadia – sugestão da existência de nova partícula –, o artigo passou despercebido. Sem alardes.

A história começou a mudar quando um grupo de físicos teóricos norte-americanos, liderados por Jonathan Feng, da Universidade da Califórnia, em Irvine (EUA), resolveu reexaminar os resultados dos colegas europeus e, mês passado publicou, na *Physical Review Letters* (11/08/16), artigo que traz explicitamente – a partir do título – a proposição da existência de uma quinta força da natureza, cujo 'carregador' seria a tal partícula leve e neutra, batizada agora 'bóson X'.

Além de nova, essa força tem lá



MTA ATOMKI

Equipamento do Instituto de Pesquisas Nucleares, da Academia Húngara de Ciências, no qual a anomalia nos núcleos de berílio foi descoberta

suas estranhezas: enquanto a força eletromagnética age sobre partículas com cargas (elétrons e prótons, por exemplo), a suposta quinta força agiria sobre elétrons e nêutrons (estes sem carga), mas ignoraria os prótons. Nenhuma das outras quatro forças tem tais peculiaridades.

Feng e colegas – que se declaram "cautelosamente otimistas" com as ideias apresentadas sobre a quinta força – dizem que o tal 'bóson X' poderia ser uma manifestação da chamada 'força escura' ou, em termos mais simples, da matéria escura, que responde por cerca de 25% da composição do universo e cuja natureza ainda é misteriosa.

Segundo Feng, seria mais ou menos como se a 'força escura' – que governaria a matéria escura – estivesse 'vazando' para o lado visível do universo, ou seja, para o nosso mundo. E se manifestando – por algum motivo desconhecido – na tal anomalia do núcleo de berílio.

Físicos mais precavidos – e, talvez, escaldados com esse tipo de anúncio – foram buscar um pouco dos trabalhos anteriores do grupo da Hungria. Acharam que aqueles pesquisadores chegaram a propor 10 (!) candidatos a novos bósons – nas palavras de um desses críticos, propor um só já seria corajoso, o que dizer, então, de tantos assim? Outras anomalias detectadas pelo grupo em experimentos similares acabaram mais tarde mostrando-se equivocadas.

Se o bóson X realmente existir, não será muito dificultoso encontrá-lo, pois ele é leve, e muitos aceleradores funcionando hoje no planeta têm condições de criá-lo e detectá-lo.

O leitor ambientado nesta seção deve estar se perguntando: se o resultado saiu em uma revista científica, por que está aqui em 'Sintonia Fina', dedicada a temas não registrados em periódicos? A resposta não é única.

Primeiramente, é preciso lembrar que os dados experimentais dos húngaros devem ser revistos – e a 'folha corrida' do grupo parece ter lá algumas nódoas, como relatado acima. Além disso, vale recordar dois casos recentes de anúncios 'bombásticos' que deram em... nada. Um deles foi o de neutrinos que viajariam mais rapidamente que a luz – na verdade, era um cabo defeituoso do experimento que criou a falsa anomalia. O outro foi, digamos, mais intenso: o BICEP2, em uma só tacada, alegou ter detectado não só as ondas gravitacionais, mas também evidências da rápida expansão (inflação) que o universo sofreu frações de segundo depois de ser criado. Os dados foram maculados por um erro tido como grosseiro.

Então, esta seção adoraria 'queimar a língua' com o bóson X e a quinta força. Mas, igualmente escaldada – noticiou como 'revolução' o BICEP2 –, prefere deixar essas duas novidades de molho aqui. E, se essa decisão for um equívoco, e os resultados estiverem corretos, promete um *mea culpa*.



ECOLOGIA

BINÔMIO PÁSSAROS E HUMANOS

Um integrante de uma tribo africana emite um trinado seguido de um som semelhante a um 'brrrr-humm'. Um pássaro se aproxima e, em seguida, alça voo. O humano o segue. E ambos chegam a uma colônia de abelhas. Essa busca conjunta foi agora motivo de investigação científica. E as conclusões sobre essa interação foram surpreendentes.

O início da colaboração entre membros da tribo Yao, de Moçambique, e pássaros-do-mel (*Indicator indicator*) perdeu-se no tempo e tem sido tema, por séculos, da história oral dessa etnia. Esse binômio raro entre humanos e animais selvagens foi notado ainda no final do século 16 por colonizadores portugueses daquele país africano. Um deles descreveu em livro, publicado no início do século seguinte, que um pássaro adentrava as igrejas para comer pedacinhos da cera das velas. Essa mesma ave, escreveu o cronista, ia de árvore em árvore, para indicar a humanos o local de colmeias. Colhido o mel, as aves, então, refestelavam-se com a cera deixada para trás.

A zoóloga Claire Spottiswoode, da Universidade de Cambridge (Reino Unido), decidiu lançar um olhar científico sobre esse mutualismo. Ela acompanhou, por dezenas de quilômetros, um grupo da tribo Yao (ou Ajaua, ou Jauá) e observou que, com a ajuda das aves, aqueles membros encontravam pelo menos uma colmeia em cerca de 75% das buscas. Sem os pássaros, esse percentual caía para algo em torno de 20%. A pesquisadora notou também que os pássaros apareceriam duas vezes mais quando eram chamados com o 'brrr-humm' do que com um barulho aleatório.

Os resultados de Spottiswoode e colegas estão em *Science* (22/07/16).

Humanos e animais têm longa história de cooperação. Por exemplo, cães ajudam o *H. sapiens* a caçar há milhares de anos (ver 'Vida de cão', em *CH* 338). O mesmo pode ser dito de falcões e águias. Mas esses animais foram treinados para essas tare-



FOTO CLAIRE SPOTTISWOODE

Membro da tribo Yao com fêmea de pássaro-do-mel, capturada apenas para propósitos científicos e liberada em seguida. A colaboração entre as duas espécies é um dos raros casos de mutualismo entre humanos e animais selvagens

fas. Spottiswoode diz que o comportamento dos pássaros-do-mel provavelmente evoluiu por seleção natural, pois o resultado é proveitoso para as duas espécies: os humanos colhem o mel, e os pássaros, a cera. Com a ajuda das aves, os humanos aumentam as chances de colher o alimento; com a ajuda dos humanos, os pássaros obtêm algo inacessível a eles – muitas vezes, a colmeia está no interior dos troncos das árvores, e os membros da tribo, para chegar a elas, têm que usar ferramentas rudimentares, além de fumaça para espantar as abelhas.

A tradição dos yaos diz que, se não for deixada uma recompensa (cera) para os pássaros-do-mel, essas aves, nas caçadas seguintes, podem levar os humanos na direção de um leão ou de uma cobra venenosa.

Os indicadores-grandes – outro nome desses pássaros – são parasitas. Põem seus ovos em ninhos alheios, para serem chocados por outra espécie. Desse modo, os recém-nascidos e jovens não aprendem tal comportamento (mutualismo) com os pais na infância. Segundo a pesquisadora, o que possivelmente ocorre é que eles ganham esse aprendizado mais tarde, observando os membros mais velhos do bando.

Os pássaros-do-mel habitam um vasto território africano e mantêm esse mutualismo com outras tribos. Por exemplo, os hadzas, da Tanzânia, em vez do trinado aliado ao 'brrr-humm', empregam, segundo a pesquisadora, um assobio melodioso.

BIOQUÍMICA

NOVA MORFINA?

Resultados iniciais mostram que um novo fármaco tem ação tão potente quanto a da morfina para estancar a dor. E com bônus: a molécula recém-descoberta não tem os efeitos colaterais daquele costumeiro (e perigoso) medicamento.

A morfina – droga da família dos opiáceos, à qual pertence a heroína – tem sido usada há cerca de 200 anos como potente analgésico. Sua contribuição para cessar a dor dilacerante – talvez, uma das funções mais nobres da medicina – é um capítulo notável da bioquímica.

Mas seus efeitos colaterais são, no mínimo, preocupantes: causa dependência, por ativar circuitos cerebrais ligados ao prazer, e deprime o sistema respiratório, podendo levar à morte. A literatura médica – e os boletins de polícia – são testemunhas desses dois efeitos indesejados. Estima-se que cerca de 15 milhões de pessoas no mundo sejam dependentes da morfina, e cerca de 70 mil morram anualmente por conta de superdose. Mas, quando a administração é controlada por um profissional de saúde, as chances de a morfina causar dependência são mínimas, quase inexistentes, como comprovam estudos em larga escala.

A busca por uma nova molécula que tenha a capacidade de diminuir substancialmente a dor sem causar esses problemas sempre foi uma constante nos laboratórios de pesquisa. Agora, surgiu uma candidata promissora, que, por enquanto, responde apenas pela sigla PZM21. Seus feitos – por enquanto, em animais de laboratório – foram relatados em *Nature* (17/08/16 *on-line*), pela equipe internacional de Brian Shoicet, da Universidade da Califórnia, em São Francisco (EUA).

A nova esperança contra a dor é tão potente quanto a morfina, mas não age no sistema dopaminérgico. Traduzindo: não causa prazer intenso ao inundar o cérebro com uma substância química (dopamina), como fazem a morfina e a heroína, por exemplo. Também não causa a chamada depressão respiratória, que pode levar à parada dessa função básica.

A chegada da PZM21 – selecionada entre cerca de 3 milhões de outras moléculas – a hospitais e centros de saúde do mundo ainda é questão de anos, dizem especialistas. Terá que mostrar que aquilo que realizou com roedores pode ser estendido a humanos. Quem conhece esse processo alerta: as chances não são muito altas de que isso ocorra. A base para tal depoimento é a história de drogas semelhantes, que, depois de um sucesso inicial, simplesmente foram descartadas para uso humano.

Outros opiáceos populares: oxicodona, codeína (usada em xaropes contra tosse) e o ultrapotente fentanil. Este último causou recentemente a morte do cantor e guitarrista Prince (1958-2016) – a descrição dessa droga está na seção 'O leitor pergunta' desta edição.



FOTO PIXABAY / DOMÍNIO PÚBLICO

A mulher (re) descoberta



FOTOS DAVID THURROWGOOD

Já se desconfiava da presença dela desde o início da década de 1920, mas sua identidade acaba de ser revelada graças à física: Emma Dobigny, modelo profissional francesa.

O lindo rosto de Emma (figura) estava encoberto pelo de outra mulher, no quadro *Retrato de uma mulher*, do pintor francês impressionista Edgar Degas (1834-1917). Aos poucos, a imagem da modelo foi emergindo, mas nunca foi possível observá-la com detalhes. Agora, a equipe de Daryl Howard e David Thurrowgood usou uma técnica especial de raios X gerados por um acelerador de partículas (síncrotron) na Austrália, onde a obra se encontra em um museu.

O quadro foi 'varrido' pelo feixe potente de radiação a uma distância de apenas 2 mm (detalhe), ao longo de aproximadamente um dia – com outras técnicas, esse tempo levaria semanas. A obra não sofre dano algum.



A imagem que se revelou no estudo ganhou coloração artificial, feita por um programa de computador especialmente desenvolvido para o experimento. Segundo os pesquisadores, são cores "plausíveis" – ressalte-se o tom castanho-avermelhado do cabelo.

Segundo o *Dictionary of artists' model* (Dicionário de modelos artísticos), de Jill Berk Jiminez (ed.), Emma foi um tipo de musa não só para Degas – para quem posou entre 1865 e 1869 –, mas também para outros artistas da época. A modelo – cujo nome de batismo era Marie Emma Thuilleux – nasceu em 1851, em Montmacq, Oise, e viveu em uma região pobre de Montmartre, em Paris, onde morreu em 1925.

Publicados em *Scientific Reports* (04/08/16 *on-line*), esses resultados, segundo críticos de arte, ajudarão a entender a técnica empregada por Degas e outros pintores da escola impressionista, que rompeu com o realismo e passou a valorizar a luz (principalmente, ao ar livre), entre outras características.

OS SEGREDOS DA LOURA

QUEM ASSISTE AOS ALEGRES e frequentemente tolos comerciais de cerveja não imagina que a bebida mais popular – e talvez a mais antiga – do planeta e a ciência sofisticada caminham lado a lado. Nos últimos tempos, a mais refinada biotecnologia tem sido o alicerce da produção das boas cervejas. Estima-se que a produção de bebidas alcoólicas tenha começado no período neolítico (cerca de 10 mil anos a.C). Provavelmente, a cerveja e o vinho tiveram suas origens mais ou menos ao mesmo tempo no Oriente Médio.

O fato é que hoje são consumidos no mundo milhões e milhões de litros de cerveja, o que torna esse mercado muito importante do ponto de vista financeiro. E muito interessante do ponto de vista científico. Por isso, a cerveja foi o foco do artigo de Ewen Callaway, publicado recentemente na *Nature* (v. 535, nº 7.613), Ele descreve a rotina do pesquisador Kevin Vestrepen, da Universidade de Leuven, na Bélgica, que se dedica inteiramente à busca da levedura perfeita.

Embora as leveduras sejam componentes essenciais para as bebidas alcoólicas fermentadas, não são os únicos ingredientes da cerveja. Antes que as leveduras façam sua mágica, é preciso obter a matéria-prima que gerará a mistura tão apreciada pela humanidade.

O processo começa com cereais, em geral, a cevada. Esta deve ser umidificada, o que leva à sua germinação. Depois, a cevada é seca e tostada, dando origem ao malte, assim chamado por causa da maltose, o açúcar que será oportunamente fermentado. O malte contribui também para o sabor do produto final.

Em seguida, os grãos de malte são moídos e cozinhados em água. A essa mistura, acrescenta-se o lúpulo, que, entre outras propriedades, confere à cerveja seu amargor característico. Ao final, os ingredientes são resfriados, e só então as leveduras são acrescentadas para desencadear a síntese do álcool e do gás dióxido de carbono (CO_2), que forma as bolhas que compõem o conhecido colarinho da cerveja.

Resumidamente, a produção da cerveja parece simples. O problema é que cada um dos ingredientes pode variar muito em sua composição e introduzir alterações que afetam bastante a qualidade da cerveja. O trabalho de Vestrepen é compreender de modo preciso a bioquímica da levedura e aplicar esse conhecimento para controlar a produção da cerveja em suas várias nuances.



FOTO CÍCERO RODRIGUES

O trabalho de Vestrepen é compreender a bioquímica da levedura e aplicar esse conhecimento para controlar a produção da cerveja em suas várias nuances

Antes de se radicar na Bélgica, Vestrepen já havia trabalhado na Universidade Harvard (EUA), onde pesquisava sequências repetitivas do DNA de cepas de leveduras e sua correlação com as propriedades organolépticas (sabor, aroma, cor *etc.*). O conjunto dessa obra e suas ramificações acabaram reunindo no estudo da cerveja várias especialidades da biologia, como bioquímica, genética, evolução e neurociência.

Inicialmente, foi a genética clássica que norteou a produção das melhores cepas de leveduras. Como as leveduras podem ter reprodução sexuada ou assexuada, os estudos pioneiros lançavam mão da reprodução sexuada controlada para selecionar as cepas mais adequadas para a produção de cerveja. Hoje, as técnicas de biologia molecular, com manipulação direta do DNA, substituem com vantagem a produção de leveduras por cruzamentos. No entanto, manipular o DNA significa produzir os chamados organismos geneticamente modificados (OGM), o que ainda carrega em seu bojo um estigma difícil de abandonar, além de ser contraproducente.

Essa paranoia com relação aos OGMs não parece afetar a todos. Callaway narra em seu artigo que a cervejaria belga Orval, fábrica de pequeno porte administrada por monges trapistas progressistas, já se rendeu à biotecnologia e solicitou a Vestrepen o sequenciamento do DNA de suas cepas de leveduras.

O Brasil está entre os grandes produtores (e consumidores) de cerveja do mundo. Só esse exemplo deveria ser suficiente para convencer o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações a investir mais em ciência e unir o útil ao agradável. CH

FRANKLIN RUMJANEK | Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro | franklin@bioqmed.ufrj.br

O lado sombrio

Quando foi a última vez que o/a leitor/a observou vaga-lumes zanzando na escuridão? Ou contemplou a Via Láctea e a imensidão do universo a olho nu? Provavelmente, para os moradores de grandes centros urbanos, a resposta será "há muito tempo". Com o aprimoramento das tecnologias de iluminação e o crescimento das cidades, a produção e a distribuição de luz artificial aumentaram enormemente – a níveis excessivos e desnecessários. Os efeitos pouco divulgados dessa 'poluição luminosa' estão relatados neste artigo.

Oskar Hagen
Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Sistemas Bioluminescentes, Universidade Federal de São Carlos, campus *Sorocaba*
Departamento de Sistemas Ambientais, Instituto Federal de Tecnologia de Zurique (Suíça)
Unidade de Pesquisa Dinâmica de Paisagens, Instituto Federal de Pesquisa Florestal, Neve e Paisagem WSL (Suíça)
Alessandro Barghini
Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo

da luz

O domínio do fogo, e consequentemente da luminosidade, possibilitou ao ser humano exercer grande controle sobre o meio em que vivia, proporcionando imensurável vantagem seletiva. A luz também foi fundamental para incontáveis avanços tecnológicos, que nos proporcionam mais comodidade e praticidade. Mas, apesar de a luz ser em muitas culturas símbolo do progresso, de pureza e beleza, ela também tem seu lado sombrio.

A poluição luminosa – toda luz desnecessária ou excessiva produzida artificialmente – é a que mais cresce no planeta e, infelizmente, os impactos do seu mau uso e os mecanismos com os quais podemos minimizá-los têm pouquíssimo destaque quando comparados aos de outros tipos de poluição.

>>>

FOTO DOMAR IMAGEN

Elaterídeo na região de Porto Feliz, em São Paulo

O ano passado foi declarado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o Ano Internacional da Luz e das tecnologias baseadas em luzes, celebrando as vantagens energéticas, econômicas, habitacionais e de comunicações decorrentes delas. Enquanto se comemorava a luz com grande alarde, pouco se escutou ou leu sobre poluição luminosa, salvo por uma edição da revista *Proceedings of the Royal Academy* com artigos relacionados ao tema.

Não só seres humanos, mas insetos, aves e até o zooplâncton sofrem consequências da poluição luminosa (ver 'Brilho em céu noturno'). Na natureza intacta, as únicas fontes de luz durante a noite eram as estrelas e a luz refletida pela Lua. Os animais, incluindo os humanos, e as plantas evoluíram nos regimes de luz natural; portanto, é fácil imaginar que sofram direta ou indiretamente com as alterações artificiais da luz noturna.

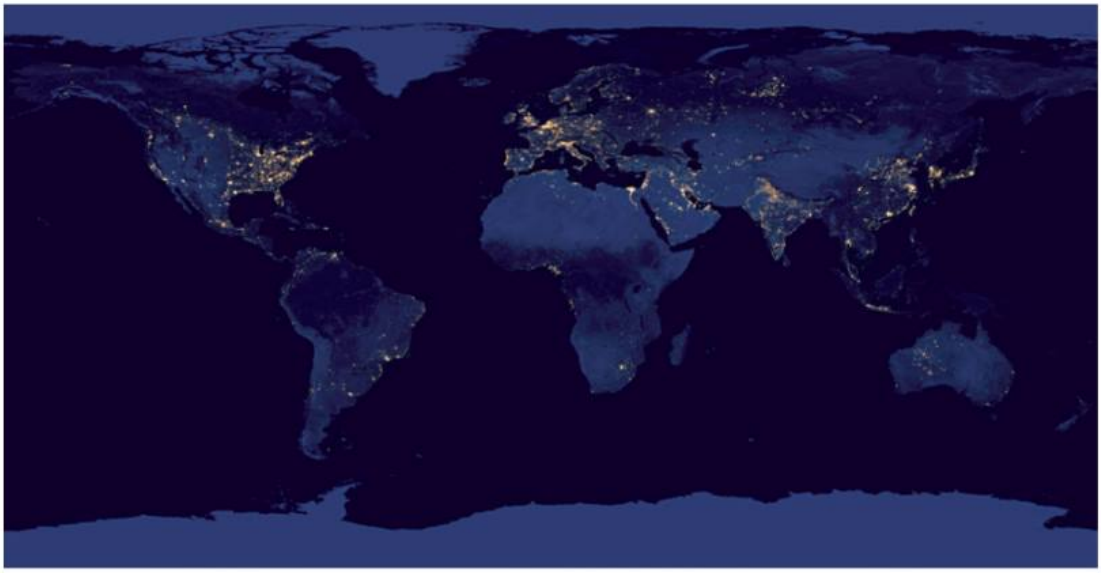
Poluição luminosa, vaga-lumes e meio ambiente

Um exemplo dessa adaptação e dependência dos regimes de luz natural são os vaga-lumes. Coleópteros das famílias Lampyridae, Phengodidae e Elateridae são especialmente vulneráveis à poluição luminosa (figura 2). Vaga-lumes são bioluminescentes – emitem a própria luz – e utilizam essa luz como sinal para se reproduzirem, afugentar predadores e até para predarem outros vaga-lumes. A finalidade mais comum da bioluminescência para esses insetos é a corte, em que a fêmea e/ou o macho sinalizam sua posição para atrair parceiros/as. Para que tais sinais sejam vistos, no entanto, é preciso haver escuridão.

Buscando o mínimo de gasto energético e máxima eficiência, vaga-lumes iniciam suas atividades bioluminescentes quando a noite atinge um determinado nível de escuridão. A luminosidade ideal varia de espécie para espécie, mas, em geral, o ditado popular 'vaga-lume não pisca em noites de Lua cheia' expõe uma verdade. Cidades ou áreas iluminadas são como áreas de 'constante Lua cheia' para os vaga-lumes, levando a um forte declínio em suas populações, decorrente da redução nos encontros entre os pares. Em muitos locais no mundo, foi registrada a diminuição ou o desaparecimento de vaga-lumes em áreas urbanas e industrializadas, inclusive no Brasil.

Apesar de outros fatores também poderem estar envolvidos no desaparecimento dos vaga-lumes, recentemente foi comprovado que a iluminação artificial direta, especificamente de luz branca, reduz de forma significativa, a atividade de vaga-lumes.

Ao longo de três anos, pouco antes e após a construção de uma quadra de esportes com holofotes de multivapor metálico na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *cam-*



FONTE: NASA

Figura 1. Luzes da noite no mundo registradas em imagens do satélite Suomi NPP de abril a outubro de 2012

pus Sorocaba (SP), populações de vaga-lumes no entorno foram monitoradas. Três áreas com pasto de braquiária e fragmentos de floresta atlântica em fase de regeneração foram escolhidas para o estudo. Uma delas recebia iluminação direta dos holofotes da quadra; outra, luz indireta e uma terceira, mais afastada, era a menos iluminada pelos holofotes da quadra (figura 3).

Em noites de jogo, com os holofotes acesos, a atividade de vaga-lumes do gênero *Photinus* diminuiu até 80% em relação às noites com as luzes apagadas. A influência foi mais forte em áreas mais próximas à quadra, e a ocorrência de vaga-lumes declinou de ano para ano, demonstrando que simples holofotes podem alterar a vida silvestre de maneira significativa.

Por serem facilmente vistos à noite e sensíveis às alterações luminosas, os vaga-lumes são bons bioindicadores para a qualidade das noites e ótimos exemplos dos efeitos adversos da poluição luminosa (figura 4). Devido a seu carisma, podem ser excelente meio de divulgação e conscientização do problema da poluição luminosa. Na biologia da conservação, chamamos essas espécies de 'bandeiras'.

Além dos vaga-lumes, outros organismos e insetos também são afetados pela iluminação artificial, mas de formas distintas. Alguns insetos utilizam a posição das estrelas e o sentido da luz (polarização) para navegação. Mariposas e besouros têm seus ciclos de vida alterados e são atraídos e desorientados pela luz, tornando-se vítimas fáceis de aves, morcegos e outros predadores. Esses insetos desempenham diversas funções nos ecossiste- >>>



Luzes da costa atlântica da América do Sul em imagem do satélite Suomi NPP, de 20 de julho de 2012

FONTE: NASA

BRILHO EM CÉU NOTURNO

A revolução industrial alavancou os efeitos da poluição luminosa para níveis altíssimos nos dias de hoje. É possível ver o intenso brilho noturno dos centros urbanos até em fotos de satélites (figura 1). Mais de perto, a poluição luminosa pode ser notada quando se observa uma 'aura' de luz no horizonte, olhando na direção de uma grande cidade. Esse brilho do céu noturno (termo conhecido como *sky-glow* em inglês) é causado por luzes terrestres direcionadas ou refletidas para a atmosfera.

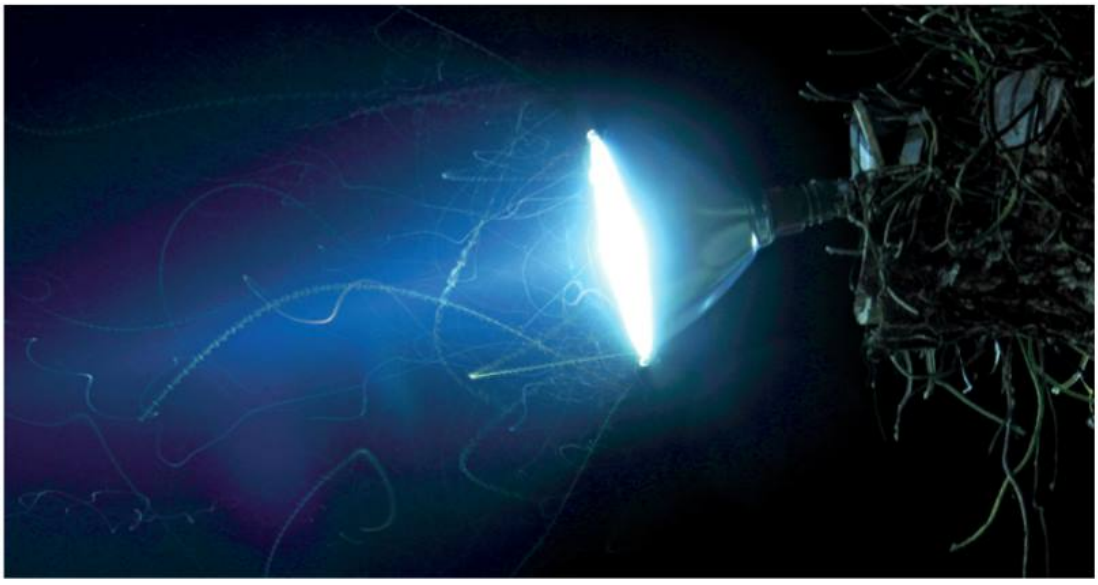


FOTO OSNAR HAGEN

Figura 2. Insetos são atraídos pela luz artificial





FOTOS OSMAR HAGEN

Figura 3. Áreas de estudo escolhidas em Sorocaba (SP) com quadra de esporte nas imagens de dia e à noite, de acordo com a intensidade luminosa

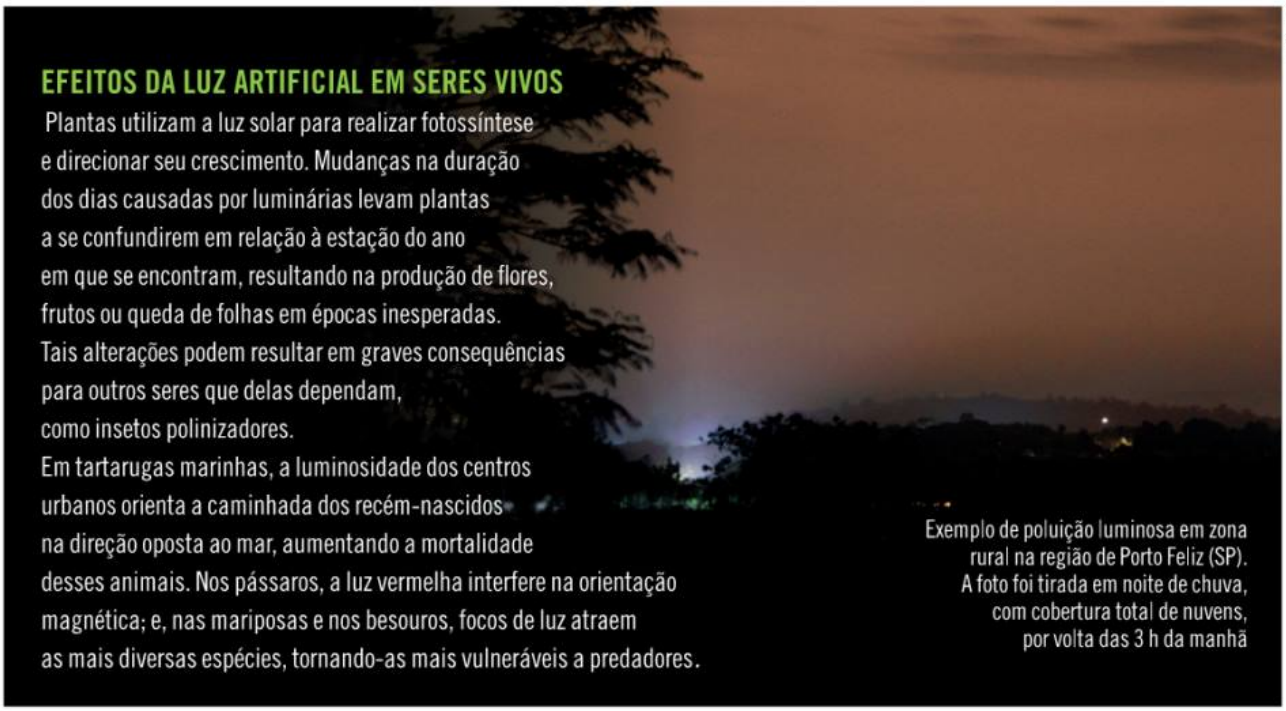
mas, como polinização, alimento para outros animais, controle de populações de pragas, decomposição de material orgânico e até dispersão de sementes. Fica claro, portanto, que estamos longe de compreender a poluição luminosa, seus efeitos e consequências no meio ambiente (ver 'Efeitos da luz artificial em seres vivos').

Economia e sociedade Como pode ser visto em imagens noturnas de satélite, a luz produzida pelo ser humano vem envolvendo-o em uma névoa luminosa que o distancia das condições naturais. Além de estarmos perdendo a visão dos vaga-lumes, também estamos deixando de contemplar o céu estrelado e a Via Láctea.

Na última década, dois terços da população mundial viveram em locais considerados luminosamente poluídos e um quinto não foi capaz de contemplar a Via Láctea a olho nu por estarem em áreas extremamente poluídas. Observar as estrelas teve e continua tendo grande impacto sobre culturas humanas, influenciando filosofias, religiões, arte e ciência.

Cientistas como o economista norte-americano Terrel Gallaway investigaram os valores do céu noturno sob uma perspectiva econômica. Uma tarefa árdua, pois a perda da capacidade de observar o céu noturno é comparável

FOTO OSMAR HAGEN



EFEITOS DA LUZ ARTIFICIAL EM SERES VIVOS

Plantas utilizam a luz solar para realizar fotossíntese e direcionar seu crescimento. Mudanças na duração dos dias causadas por luminárias levam plantas a se confundirem em relação à estação do ano em que se encontram, resultando na produção de flores, frutos ou queda de folhas em épocas inesperadas. Tais alterações podem resultar em graves consequências para outros seres que delas dependam, como insetos polinizadores.

Em tartarugas marinhas, a luminosidade dos centros urbanos orienta a caminhada dos recém-nascidos na direção oposta ao mar, aumentando a mortalidade desses animais. Nos pássaros, a luz vermelha interfere na orientação magnética; e, nas mariposas e nos besouros, focos de luz atraem as mais diversas espécies, tornando-as mais vulneráveis a predadores.

Exemplo de poluição luminosa em zona rural na região de Porto Feliz (SP). A foto foi tirada em noite de chuva, com cobertura total de nuvens, por volta das 3 h da manhã

à perda das belezas naturais, de valoração econômica difícil, uma vez que não se trata de um bem de consumo direto convencional.

Igualmente complexa é a tarefa de quantificar os valores dos serviços ambientais alterados pela poluição luminosa. O cálculo se torna menos complicado quando se trata de saúde pública comprometida e energia elétrica desperdiçada em iluminações desnecessárias. A iluminação artificial excessiva, principalmente na área rural, foi associada a uma maior probabilidade de epidemias por atrair vetores de doenças, como o barbeiro (doença de Chagas), o mosquito-palha (leishmaniose) e o mosquito-prego (malária).

Acredita-se também que a iluminação noturna em centros urbanos influencie fatores psicossociais, sendo mencionado como uma das causas que contribuem para o aumento da criminalidade e depressão. Também se associou a poluição luminosa à alta frequência de câncer em países em desenvolvimento, devido às alterações provocadas nos ciclos de melatonina (hormônio produzido à noite, na ausência de luz). Quebras no relógio biológico humano são relacionadas aos mais diversos problemas de saúde, como distúrbios cardiovasculares, diabetes e obesidade. Sander Kooijman e colegas, do Centro Médico da Universidade de Leiden, na Holanda, descreveram, em maio de 2015, o mecanismo que associa a maior taxa de obesidade em humanos à exposição prolongada a luzes artificiais.

Escuridão no fim do túnel? Com o desenvolvimento tecnológico das lâmpadas LED (sigla em inglês para diodo emissor de luz), a iluminação artificial torna-se mais eficiente energeticamente. Mas, em vez de usarmos tal eficiência para reduzir o consumo de energia, o menor custo energético está sendo utilizado para aumentar o fluxo luminoso e, consequentemente, a poluição luminosa.

Medidas simples podem reduzir a emissão de luz e sua influência negativa sobre outros seres, inclusive sobre nós. Isso sem mencionar a conta de energia. Procurar lâmpadas com baixa emissão nas faixas do ultravioleta e infravermelho (comprimentos de onda não perceptíveis ao olho humano) já é um começo. Insetos são especialmente sensíveis aos raios ultravioleta, e sabemos que eles desempenham funções chave na nossa existência. Além disso, para combater a poluição luminosa, é necessário repensar (i) o que precisa ser iluminado: usando, por exemplo, holofotes direcionados e que não irradiem luz para a atmosfera; (ii) quando: com o uso de temporizadores e sensores de presença e (iii) quanto: precisamos de luzes tão fortes e brancas para todas as tarefas?

Tentar reduzir a exposição à luz artificial forte fora dos horários naturais de luz, trocar as lâmpadas brancas por luzes mais amareladas nos locais em que elas não são necessárias, assim como trocar o celular ou o computador por uma boa revista sob luz branda antes de dormir, podem proporcionar uma noite mais bem dormida. CH

FOTO OSKAR HAGEN



Figura 4. Vaga-lume na região de Porto Feliz, em São Paulo

Sugestões para leitura

BARGHINI, A. *Antes que os vaga-lumes desapareçam ou Influência da iluminação artificial sobre o ambiente.* São Paulo, Annablume, 2010.

BECHARA, E.J.H.; STEVANI, C.V.; DE OLIVEIRA, A.G. 'Luzes vivas da noite'. *Ciência Hoje*, v. 55, pp. 22-27, 2015.

HAGEN, O.; SANTOS, R.M.; SCHLINDWEIN, M.N.; VIVIANI, V.R. 'Artificial night lighting reduces firefly (Coleoptera: Lampyridae) occurrence in Sorocaba, Brazil'. *Advances in Entomology*, v. 3, pp. 24-32, 2015.

ONDAS DE MATÉRIA E



SUA INTERFERÊNCIA

O comportamento que desafia nossa intuição

O mundo quântico – aquele das dimensões atômicas e subatômicas – é repleto de fenômenos estranhos se comparados aos do nosso cotidiano. Um deles é o fato de uma partícula com massa (elétrons, prótons etc.) ser dotada de uma onda de matéria, que se comporta (surpreendentemente) como aquelas que se formam na superfície de um lago.

Desde que foram propostas teoricamente em meados da década de 1920 e comprovadas experimentalmente poucos anos depois, as ondas de matéria têm não só desafiado a intuição dos físicos, mas também os ajudado a entender com mais detalhes os alicerces que sustentam a teoria mais precisa da história, a mecânica quântica, que lida com o microuniverso das moléculas, dos átomos e de seus constituintes.

Ginette Jalbert
Yuri Muniz
Nelson V. de Castro Faria
Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro

No primeiro quarto do século passado, houve grandes mudanças em nosso entendimento sobre objetos de pequenas dimensões, como moléculas, átomos e seus constituintes. A teoria então desenvolvida para estudá-los, a mecânica quântica, apresenta diversos aspectos que desafiam nossa intuição. Um deles é o fato de que, em certas circunstâncias, esses objetos se comportam como se fossem ondas.

A proposta da existência das chamadas ondas da matéria foi sugerida pelo físico francês Louis de Broglie (1892-1987) em 1924, e ela está diretamente ligada ao desenvolvimento da mecânica quântica.

Mas o que são as ondas de matéria?

No início do século passado, a ciência tinha dificuldades em descrever alguns fenômenos observados. Percebeu-se que eles podiam ser mais bem compreendidos se fosse atribuído a objetos pequenos – como elétrons ou átomos, normalmente considerados partículas – um comportamento semelhante ao de uma onda.

>>>

FOTO PIXABAY / DOMÍNIO PÚBLICO

É natural que o comportamento dos objetos nessa escala fuja à nossa intuição, pois esta é desenvolvida a partir da experiência cotidiana. Tentar entender o mundo na escala dos átomos, da ordem do décimo de bilionésimo do metro, baseado em experiência do dia a dia, não tem sentido. Apesar dessa dificuldade, a mecânica quântica é uma teoria bem-sucedida que descreve muito bem o comportamento dos objetos pequenos e tem vasta comprovação experimental.

É importante deixar claro que, enquanto na mecânica clássica (teoria para descrever o mundo em nossa escala) tem-se a noção bem definida da trajetória de uma partícula, isso não acontece ao se estudarem objetos na escala atômica. Pode-se, por outro lado, associar uma função (função de onda) a uma partícula. Nessa forma de abordar o problema, a lei fundamental é a equação proposta pelo físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961), em 1925.

O que significa descrever uma partícula, supostamente localizada em um ponto, com uma ferramenta usada para descrever ondas, menos localizadas?

A resposta para isso foi sugerida pela primeira vez pelo físico alemão Max Born (1882-1970) e está relacionada ao fato de que nem sempre se é capaz de saber onde uma partícula está localizada, mas apenas saber quais são as chances de encontrá-la em determinada região. E é isso que a função de onda permite obter: a probabilidade de achar a partícula na região onde a onda se encontra.

Essa onda de probabilidade – no caso de partículas com massa, também denominada onda da matéria – está sujeita a todos os fenômenos que ocorrem com as ondas, como a reflexão e a refração (passagem de um meio a outro). No entanto, interessa-nos aqui outro fenômeno ondulatório: a interferência, que pode ser notada, por exemplo, na superfície de líquidos, como mostra a figura 1.

Embora as primeiras discussões sobre a interferência dessas ondas de matéria tenham sido feitas na primeira metade do século passado, esse tema tem recentemente voltado à tona, e diversos aspectos novos dele têm sido estudados. Uma das razões é que parte das consequências teóricas discutidas à época não havia sido verificada experimentalmente.

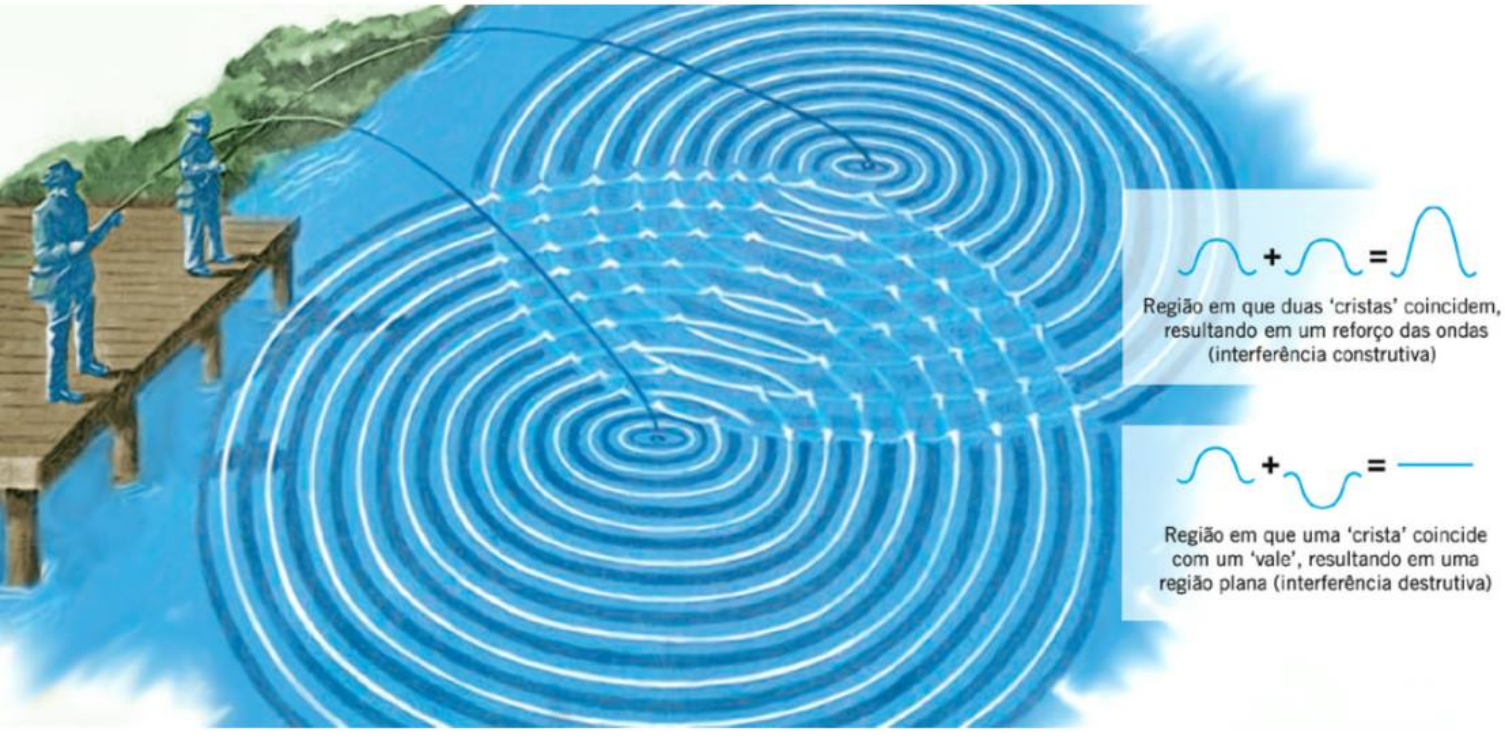


Figura 1. Duas ondas interferem na superfície da água, reforçando ou anulando o efeito uma da outra. Comum em ondas sonoras e eletromagnéticas, o fenômeno da interferência está também presente nas chamadas ondas de matéria

BASEADO EM FEYNMAN LECTURES

BASEADO EM *FEYNMAN LECTURES*

Metralhadora, ondas e elétrons

Fenômenos de interferência – por exemplo, de ondas na superfície de um lago de águas calmas – são bem conhecidos e entendidos. Já a interferência da onda de matéria parece um grande mistério, como dito por Richard Feynman (1918-1988), físico norte-americano e prêmio Nobel de 1965, em seu livro *Lectures on Physics* (Lições de física), no qual propôs o experimento denominado 'dupla fenda'.

Feynman se coloca a pergunta crucial: com que interfere a onda da matéria?

Para entender a dificuldade em se responder essa pergunta, vamos analisar tal experimento. Na figura 2A, está representada uma versão do experimento na qual se usam balas de uma metralhadora manejada por alguém que atira ao acaso. Fica bem evidente que o detector móvel (posicionado no anteparo) vai contar as balas que passaram tanto pela fenda 1 quanto pela 2. Logo, o resultado final será a soma do número de balas dos dois casos.

Agora, analisemos a parte inferior da imagem (figura 2B). Nela, o detector vai acusar uma onda resultante da interferência das ondas que passaram pelas fendas. Portanto, haverá um padrão que lembra 'franjas' verticais, ou seja, locais de intensidade maior e menor, pois esse é o efeito da interferência, como vimos na figura 1.

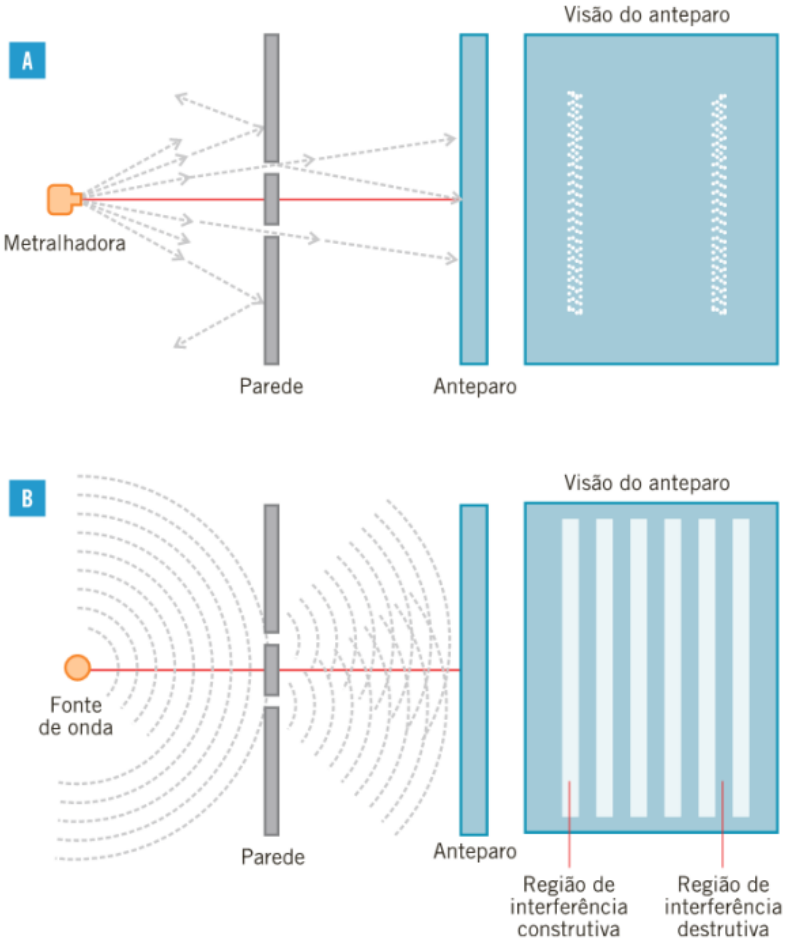


Figura 2. Em A, possível experiência de dupla fenda com o uso de uma metralhadora que dispara ao acaso. Em B, ondas na superfície de um líquido interferindo logo após a passagem delas pelas duas fendas

Luz e átomos

E, se trocarmos a metralhadora e as ondas, por um sistema que produz partículas pequenas, como elétrons, qual seria o resultado esperado?

Baseado somente na intuição de fenômenos do cotidiano, o resultado deveria se parecer com o do caso da metralhadora. Mas não é o que acontece!

Em 1927, os físicos norte-americanos Clinton Davisson (1881-1958) e Lester Germer (1896-1971) mostraram – em um experimento no qual as fendas eram simuladas por um cristal de níquel – que o resultado com elétrons se assemelha àquele com ondas – e não àquele com balas. Bem mais tarde, em 2003, o físico austríaco Anton Zeilinger e colegas foram capazes de mostrar que o fenômeno de interferência com ondas de matéria se dá mesmo para objetos 'grandes e pesados' na escala dos átomos, como o C_{60}, aglomerado de 60 átomos de carbono conhecido como 'buckybola'.

Esses resultados de interferência foram confirmados, em uma publicação na revista *Nature Nanotechnology* (v. 7, n. 297, 2012), pelo físico austríaco Thomas Juffmann e coautores – dessa vez, com ftalocianina ($C_{32}H_{18}N_8$), em um 'feixe' que lançava contra o alvo um número muito baixo dessas moléculas por segundo, para descartar a hipótese de que duas ou mais delas estavam chegando às fendas ao mesmo tempo. Portanto, a onda da matéria se mostra mesmo no caso de moléculas isoladas.

Assim, a pergunta feita por Feynman em 1963 foi respondida apenas cerca de 50 anos depois: a partícula parece interferir 'com ela mesma'! De fato, a interferência de onda de matéria pode parecer um grande mistério, mas é o que nos mostra a natureza.

>>>

Embora esses resultados sejam extraordinários, ainda em 1987, um trio de pesquisadores – os chineses Chung Ki Hong e Zhe Yu Ou, bem como o norte-americano Leonard Mandel (1927-2001) – haviam feito experimentos com feixes muito fracos de luz. Eles provaram que, mesmo se a luz for interpretada como partículas (fótons) que chegam separadamente, efeitos de interferência continuavam existindo. Experiência análoga foi feita recentemente por um grupo francês do Instituto de Óptica (França) com átomos de hélio (*Nature* v. 520, pp. 66-68, 2015).

Apesar de uma dessas experiências ter sido feita com luz (ondas eletromagnéticas) e a outra com partículas com massa (ondas da matéria), os resultados foram semelhantes, pois ambos (ondas eletromagnéticas e ondas de matéria) são fenômenos ondulatórios.

Átomos gêmeos A complexidade da dualidade partícula-onda tem sido tema de estudos recentes que analisaram as consequências desse comportamento. Hoje, é corriqueiro, em vários laboratórios no mundo (inclusive, no Brasil), a criação de fótons gêmeos (ou emaranhados). Eles estão correlacionados de tal modo que qualquer alteração em um deles (a medida de uma propriedade, por exemplo) altera imediatamente o estado do outro, mesmo que ambos estejam separados por grandes distâncias. Portanto, o emaranhamento permite conhecer o estado de uma partícula a partir da medição do estado de sua companheira gêmea.

Outro estudo – descrito a seguir – é baseado na ideia originalmente apresentada pelo físico norte-americano David Bohm (1917-1992) – em seu livro didático *Quantum theory* (Teoria quântica), de 1951 – que aventa a possibilidade de uma molécula se dividir (e as consequências disso) em um par de átomos idênticos, denominados 'átomos gêmeos'.

Um grupo franco-brasileiro – com predomínio de pesquisadores do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IF-UFRJ) ou dele originados – tem participado ativamente de pesquisas nessa área nos últimos cinco anos. Nesses experimentos, moléculas de hidrogênio (H_2) são 'quebradas', ao serem 'bombardeadas com elétrons, que fornecem energia (excitam) a essas moléculas. Nesse processo, são criados átomos gêmeos, em um equipamento que descreveremos mais à frente.

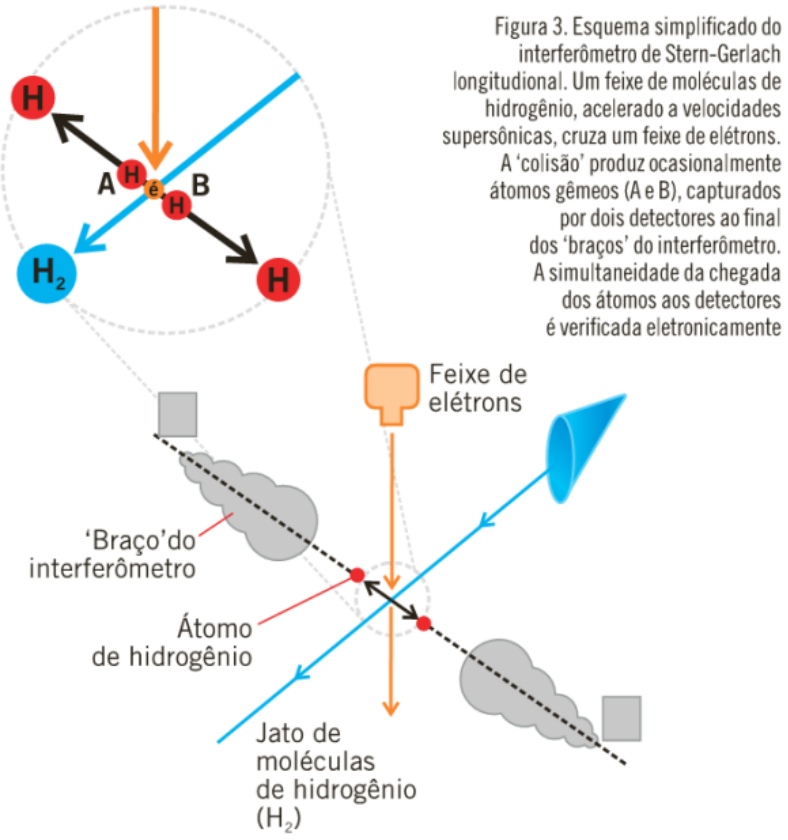


Figura 3. Esquema simplificado do interferômetro de Stern-Gerlach longitudional. Um feixe de moléculas de hidrogênio, acelerado a velocidades supersônicas, cruza um feixe de elétrons. A 'colisão' produz ocasionalmente átomos gêmeos (A e B), capturados por dois detectores ao final dos 'braços' do interferômetro. A simultaneidade da chegada dos átomos aos detectores é verificada eletronicamente

O caso que interessa para estudos de interferência de nosso grupo é aquele em que as partículas gêmeas têm as seguintes propriedades: i) são neutras (sem carga elétrica); ii) o tempo para retornar do estado de maior energia (excitado) para o de menor energia (fundamental) é muito longo (cerca de 0,1 s).

Por conta da propriedade (ii), esses átomos são chamados metaestáveis. Um décimo de segundo pode parecer um tempo muito curto para nosso cotidiano, mas, nesse intervalo, um átomo que foi acelerado a velocidades altas (no caso, aproximadamente 2,7 km/s) pode percorrer algumas centenas de metros.

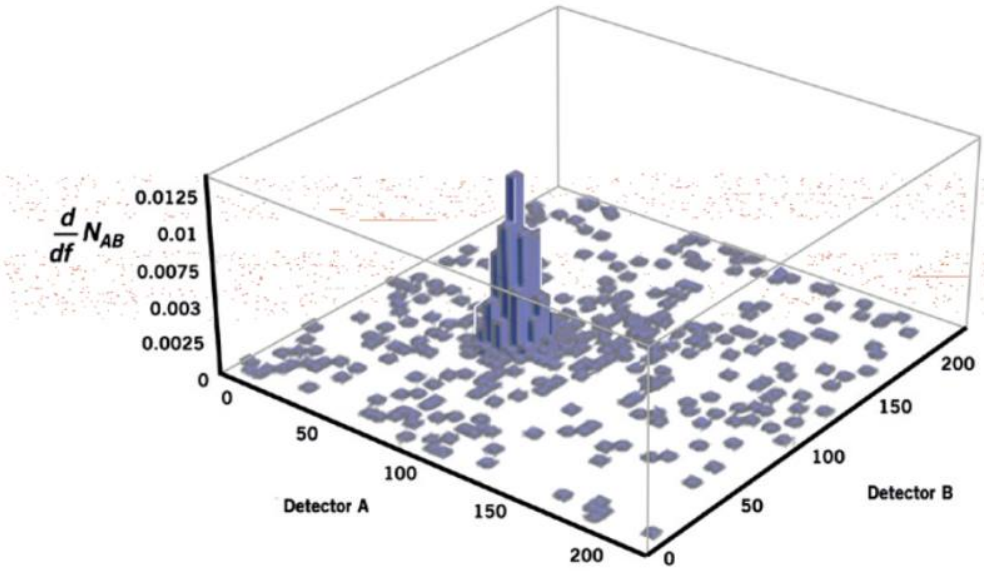


Figura 4. Os dois eixos horizontais indicam as contagens dos dois detectores (um para cada átomo gêmeo). No eixo vertical, acumulam-se as contagens em coincidência. O pico no plano vertical indica a quantidade detectada de átomos gêmeos

Ação fantasmagórica Esses tempos de vida muito longos dos dois átomos de hidrogênio excitados permite que se manipulem propriedades internas deles. Para isso, pode-se usar um equipamento que os físicos denominam interferômetro de Stern-Gerlach, o qual, assim como a 'dupla fenda', serve para estudar o fenômeno da interferência.

No entanto, pesquisadores dos institutos de Física/UFRJ e da Universidade Federal da Bahia (UFBA) estão construindo um tipo especial de interferômetro de Stern-Gerlach: dito longitudinal. Nesse tipo de interferômento, um 'canhão' (como os das antigas TVs) emite elétrons. Essas partículas cruzam o feixe de moléculas de hidrogênio, produzidas com velocidades supersônicas. A colisão entre os dois feixes gera os dois átomos de hidrogênio, que, por sua vez, viajam em direções opostas, atravessando os 'braços' do interferômetro, até chegar aos detectores (figura 3).

A primeira parte desse trabalho – publicada na revista *Physical Review Letters* (v. 111, p. 183-203, 2013) – corresponde à detecção simultânea dos dois átomos de hidrogênio, para garantir que vieram da mesma molécula. O resultado da experiência é mostrado na figura 4. Esse primeiro resultado é um passo importante devido às dificuldades técnicas de se detectarem esses fragmentos, pois são neutros, escassos e relativamente lentos.

A fase seguinte da pesquisa será o estudo desses átomos ao atravessarem os 'braços' do interferômetro. Para essa etapa, um modelo teórico – publicado pela colaboração franco-brasileira na *European Physics Letters* (v. 110, p. 50001, 2015) – prevê que, se cada átomo gêmeo atravessar um dos 'braços' do interferômetro, será possível estimar o grau de emaranhamento dos dois átomos.

Medidas do grau de emaranhamento – ou seja, do quanto duas ou mais partículas estão correlacionadas – ajudam não só a compreender os fundamentos da mecânica quântica – a teoria mais precisa da história da física –, mas também a entender melhor o emaramanhento, ainda hoje mal compreendido pelos físicos, mas que já é a base para a transmissão de mensagens invioláveis e construção de computadores extremamente velozes. Não foi por acaso que o físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) classificou esse fenômeno como "fantasmagórica ação a distância". CH

Sugestões para leitura

JALBERT, G.; MUNIZ, Y.; CASTRO FARIA, N. de. 'Íons negativos livres'. *Ciência Hoje*, v. 55, n. 330, pp. 38-41 (2015).

OLIVEIRA, I. dos S. 'Revisitando a estranha natureza da realidade quântica'. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 282, pp. 42-46 (2011).

NA INTERNET

Emaranhamento de fótons: http://bit.ly/2bHOJ2l

Efeito Hong-Ou-Mandel (em inglês): https://www.youtube.com/watch?v=ld2r2IMt4vg

Tesouros do cerrado

Ana Carolina Neves
Gabriela Viana Lima
Geraldo Wilson Fernandes
Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais
Kesley Henrique da Silva
Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri



Figura 1. Feira de 'flores do planalto' na catedral de Brasília

Em antigas regiões garimpeiras do cerrado, populações tradicionais exploram atualmente outro tipo de joia: plantas secas ornamentais. Com importância econômica, social e cultural, as sempre-vivas brasileiras são, juntamente com flores da África do Sul, as estrelas de um mercado internacional que movimenta espécies vegetais desidratadas, nativas de campos e savanas de todo o mundo. Se bem manejados, os recursos ornamentais de ecossistemas naturais podem ajudar a fornecer diversos outros serviços ecossistêmicos.



FOTOS: ANA CAROLINA NEVES

As sempre-vivas são símbolo do cerrado. Essas flores nativas que parecem guardar o segredo da longevidade saem dos campos e cerrados no coração do Brasil e se espalham pelo país afora. Colorem feiras livres, mercados e lojas de decoração (figura 1). Enfeitam objetos utilitários, embrulhos de presentes e até coroas funerárias. Por meio da exportação, viajam pelo mundo, devido à sua beleza, exoticidade e durabilidade.

Na cultura popular, em um sentido amplo, sempre-vivas são sinônimo de 'flores da serra', 'flores do planalto' ou mesmo 'plantas secas do cerrado' – grupo que inclui mais de uma centena de espécies vegetais. Por conterem pouca água, mantêm sua forma e cor por até décadas depois de colhidas e desidratadas. Incluem-se nessa classificação capins, arbustos, árvores, palmeiras, musgos, liquens etc. Várias partes das sempre-vivas – inflorescências, frutos, sementes, ramos, folhas, cascas, bainhas foliares – e até indivíduos inteiros são utilizados na produção de arranjos florais.

São também consideradas sempre-vivas inflorescências com formato de margaridinhas pertencentes à família Eriocaulaceae e, principalmente, ao gênero *Comanthera*. Juntamente com os 'botões' (inflorescências de outras espécies de Eriocaulaceae) e espécies da família Xyridaceae, essas são as variedades que têm despertado maior interesse no mercado internacional de plantas secas, ao lado de flores da África do Sul e de plantas de países de climas mediterrâneos e tropicais, como a Austrália e o México.

Serviço ambiental Quase todas as plantas secas ornamentais colhidas no Brasil crescem naturalmente em áreas do cerrado, ao contrário de outros países, onde são cultivadas com técnicas específicas para se tornarem mais produtivas. Há também casos de coleta urbana, como ocorre em Brasília, e de aproveitamento de podas de árvores e palmeiras na confecção de artesanato. Os poucos plantios existentes no Brasil se concentram na espécie *Comanthera elegans*, popularmente conhecida como pé-de-ouro – a sempre-viva mais visada do mercado e que teve o extrativismo proibido em 2008 por estar ameaçada de extinção (figura 2).

O fornecimento dessas plantas – recursos ornamentais – por áreas nativas do

>>>

cerrado é um importante serviço ambiental. São considerados serviços ambientais os processos que ocorrem nos ecossistemas e que resultam no bem-estar humano, como purificação da água e do ar, manutenção do clima, fertilização do solo, polinização, oportunidades de lazer e educação. Ainda, na categoria dos serviços ambientais de provisão, incluem-se produtos materiais retirados diretamente dos ecossistemas, como alimentos, matérias-primas e recursos genéticos, medicinais e ornamentais.

Além de as plantas ornamentais gerarem bem-estar psicológico por reduzir o estresse e a ansiedade, elas movimentam cadeias produtivas em todo o mundo, remuneram trabalhadores, geram divisas para os países e têm importância ecológica, social e cultural. Portanto, se a atividade extrativista for manejada, ela tem o potencial de contribuir para a preservação de diversos outros serviços ambientais, uma vez que sua exploração será planejada, mantendo a vegetação natural de pé.

Importância econômica, social e cultural

O uso de plantas secas pela população brasileira para decorar casas e outros ambientes é muito antigo, mas o primeiro registro formal de que se tem notícia (uma nota fiscal) data de 1930 e trata da venda de sempre-vivas em Diamantina (MG). Nos anos seguintes, o comércio de sempre-vivas se expandiu para outros campos rupestres e cerrados de Minas Gerais, Bahia e Goiás, com a produção convergindo para dois polos comerciais. O mais importante é ainda hoje Diamantina, que recebe a produção de algumas dezenas de municípios próximos (figura 3). Em seguida, vem Brasília, que recebe a produção da Chapada dos Veadeiros, de Cristalina e outras áreas de Goiás. A Chapada Diamantina também foi importante historicamente, mas a produção declinou devido, entre outros fatores, à criação de áreas protegidas na região. Recentemente, foram mapeados cerca de 60 municípios, apenas em Minas Gerais, produtores de plantas secas ornamentais.

As áreas produtoras dessas plantas são antigas regiões garimpeiras, onde foram explorados ouro e diamantes até meados do século 19. Com a decadência desse negócio, a população rural mais pobre, com forte tradição extrativista, encontrou uma fonte de renda substituta na coleta de plantas – recurso abundante que não exigia a posse de terras nem investimento de capital.

Uma pesquisa recente feita pelos autores deste artigo no Laboratório de Ecologia Evolutiva e Biodiversidade da Universidade Federal de Minas Gerias mostrou que as plantas secas ornamentais têm importância econômica por remunerar populações na zona rural e também nos centros urbanos. Alguns milhares de pessoas trabalham nesse ramo; 40% delas têm nessa atividade uma fonte de renda exclusiva.

Embora não haja dados oficiais sobre o comércio interno de plantas secas ornamentais, estima-se que seu principal destino seja a exportação. No registro histórico da Secretaria de Comércio Exterior para o período 1989-2013, 54 países estão listados como importadores, sendo Estados Unidos, Holanda e Itália os mais importantes. As cifras geradas pela exportação dessas plantas atingiram seu maior valor em 1991 (US$ 2.747.032) e seu maior volume em 2003 (940 toneladas).

As exportações de sempre-vivas tiveram seu auge no final da década de 1970, quando, em seguida começaram a declinar. A partir de



Figura 2. Buquê da sempre-viva pé-de-ouro (*Comanthera elegans*), espécie brasileira mais visada pelo mercado internacional e considerada ameaçada de extinção

2000, as exportações registraram os mais baixos valores observados na história. Entretanto, as vendas de plantas secas ornamentais para o exterior ficaram relativamente estáveis no período de 1989 a 2013.

As sempre-vivas foram o principal produto no mercado de plantas secas ornamentais. Atualmente, elas ainda são importantes tanto no país quanto no exterior, mas outros produtos ganharam destaque nos últimos anos. Entre os artesanatos de Brasília, um dos mais populares são 'rosas' feitas com folhas esqueletizadas de *Chamaecrista orbiculata* (Fabaceae) – isto é, folhas que passam por um processo de cozimento para que todo o parênquima seja destruído, restando apenas uma rede de delicadas nervuras (figura 4A). No mercado das coroas funerárias, são muito utilizadas folhas de palmeiras nativas de campos rupestres, como as da espécie *Syagrus glaucescens* (Arecaceae), considerada vulnerável à extinção de acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, na sigla em inglês) (figura 4B). Segundo coletores e comerciantes, "sempre tem mercado para as capas de coco" (brácteas de palmeiras).



Figura 3. Feira de plantas secas ornamentais em Diamantina (MG), polo que agrega a produção da parte sul da cadeia do Espinhaço

Ameaça ao patrimônio cultural e natural

Os conhecimentos e as práticas envolvidos na coleta, no processamento e no artesanato com plantas secas ornamentais representam um patrimônio cultural antigo, rico, pitoresco e pouco divulgado. O comércio dessas plantas ocorre há pelo menos 80 anos. Muitos trabalhadores se iniciaram no ofício ajudando ou acompanhando parentes ainda na infância, quando as famílias acampavam em lapas, em campos ermos, durante a estação de coleta de flores. Setenta e seis por cento dos trabalhadores estão no ramo há mais de 20 anos – alguns deles mantêm essa atividade há cinco décadas.

Entretanto, em médio e longo prazos, essa cultura corre o risco de declinar e até de desaparecer, uma vez que os artesãos estão envelhecendo. Mais da metade dos entrevistados por nosso grupo de pesquisa têm mais de 51 anos de idade e apenas 6,5% têm menos de 30 anos. Isso reflete o desinteresse dos jovens em continuar no ramo, sobretudo na coleta, devido à desvalorização da atividade, à baixa remuneração, e ao trabalho físico exaustivo. Além disso, de forma geral, há desinteresse em continuar na zona rural por causa das mudanças no padrão de consumo e interesse dos jovens, e por conta do processo de urbanização pelo que o país passou, principalmente, na segunda metade do século 20.

Alguns pesquisadores sugerem que o declínio observado no volume das exportações de sempre-vivas a partir da década de 1980 está relacionado à menor oferta de flores no campo – o que seria um reflexo da superexploração. Indício disso é o fato de que, enquanto o volume de sempre-vivas exportadas declinou, o preço do quilo aumentou, o que demonstra haver interesse e demanda pelo produto.

>>>



Figura 4. Produtos desenvolvidos com plantas secas do cerrado. Em A, rosas feitas com folhas esqueletizadas de *Chamecrista orbiculata*; em B, coroas funerárias feitas com diversas espécies vegetais – elas ainda receberão acabamento com folhas de palmeiras

Há relatos de que houve redução de populações de espécies endêmicas e de que a área de distribuição de várias espécies diminuiu nos últimos 40 anos. Em 2000, 15 espécies de Eriocaulaceae de valor comercial foram adicionadas à *Lista Oficial de Espécies Ameaçadas do Estado de Minas Gerais* na categoria 'criticamente em perigo'. Com a atualização dos dados cerca de sete anos depois, 54 espécies de Eriocaulaceae foram enquadradas em algum nível de ameaça. Na *Lista da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção*, publicada em 2008, 16 espécies de Eriocaulaceae se enquadravam em algum nível de risco.

Outra causa do declínio do comércio de sempre-vivas seria a competição com plantas secas de outros países e com flores artificiais (de plástico, tecido e outros materiais sintéticos). Tomando as importações de plantas artificiais pelo Brasil como um reflexo do que ocorre no mundo, o que se observa é uma ascensão que começa em 1995 e continua até o presente, ultrapassando em mais de 10 vezes a exportação de plantas secas ornamen-

tais. De fato, quanto maior a importação de plantas artificiais, menor a exportação de plantas secas brasileiras (tanto em valor monetário quanto em toneladas). Curiosamente, a razão dessa correlação negativa não está no menor preço das plantas artificiais, como se poderia imaginar. De forma geral, o preço dos dois produtos pouco diferiu no período estudado, indicando que a preferência por flores artificiais é um modismo, já que elas se tornam cada vez mais realistas e variadas em tipos e cores.

Preservar para o futuro Como podem plantas naturais, muitas delas endêmicas, que envolvem um patrimônio cultural e uma bagagem simbólica tão rica, terem menor valor financeiro que produtos sintéticos industrializados? Isso ilustra o desconhecimento e a desvalorização da cultura das plantas secas ornamentais do cerrado. Talvez, a maior ameaça a esse patrimônio esteja na falta de estudos e registros formais sobre tais plantas, sobre a cultura e a história dos trabalhadores envolvidos nessa cadeia produtiva, assim como na escassa divulgação.

O comércio de plantas secas ornamentais é uma importante atividade econômica para diversos moradores das zonas rural e urbana, ao mesmo tempo que possibilita que os campos de coleta sejam mantidos em um estado seminatural, preservando outros serviços ambientais. Ainda que essa atividade não seja isenta de impactos ambientais, ela contribui para que os campos e cerrados não sejam convertidos em pastagens ou plantios de eucalipto – uma das maiores ameaças atuais às espécies e aos serviços ambientais oferecidos por esses ecossistemas.

Entretanto, é preciso acompanhar os efeitos do extrativismo das espécies coletadas para que a própria atividade não se torne insustentável em médio e longo prazos. Além disso, é importante estudar o impacto dessa prática em toda a comunidade biológica, já que os campos rupestres, onde ocorre a maioria das espécies de interesse comercial, são extremamente ricos em plantas e animais endêmicos e ameaçados. Os coletores de sempre-vivas afirmam que as populações de espécies de interesse comercial são favorecidas pelo manejo extrativista (por exemplo, pelo uso do fogo em determinados intervalos, para estimular a floração – o que foi confirmado por estudos científicos para algumas espécies). Porém, nada se sabe sobre os efeitos nas espécies animais e vegetais que coabitam esses campos e são menos tolerantes ao manejo. Sobre isso, não há estudos.

A valorização da cadeia produtiva das plantas secas ornamentais do cerrado só será possível por meio da recuperação da sua história e da incorporação de valores ambientais, culturais e sociais – por exemplo, com certificações verdes, com o chamado *fair trade* (comércio justo, que contribui para o desenvolvimento sustentável, assegurando os direitos de produtores e trabalhadores), o associativismo e o cooperativismo. Além disso, é importante agregar valor ao produto por meio de pesquisas de mercado e da promoção do artesanato (em vez da venda exclusiva de matéria-prima), como foi feito no projeto pioneiro do Instituto Terra Brasilis na década de 1990.

Toda essa cadeia produtiva deveria ser embasada no estudo, acompanhamento e manejo da coleta de plantas, assim como no plantio de espécies ameaçadas e daquelas mais visadas no mercado. CH

Sugestões para leitura

BEDÊ, L. C. Alternativas para o uso sustentado de sempre-vivas: efeitos do manejo extrativista sobre *Syngonanthus elegantulus* Ruhland (Eriocaulaceae). Tese (Universidade Federal de Minas Gerais, 2006) disponível em: http://pos.icb.ufmg.br/pgecologia/teses/T33_Lucio_Cadaval_Bede.pdf.

INSTITUTO TERRA BRASILIS. Projeto sempre-vivas: subsídios para seu uso sustentado. Relatório Técnico. 123 p., 1999.

NEVES, A.C.O., BARBIERI, A.F., PACHECO, A.A., RESENDE, F., BRAGA, R.F., AZEVEDO, A.A., FERNANDES, G.W., 2016. The human dimension in the Espinhaço mountains: land conversion and ecosystem services. In: FERNANDES, G.W. (ed.), *Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil.* Springer International Publishing A.G. Switzerland, Cham, pp. 501–530

O sertão virou mar

Quando a solução pode se tornar um problema



Figura 1. Vista da barragem do açude Castanhão

Escassez de água e mazelas sociais da seca. Esses são os primeiros pensamentos que ocorrem quando o assunto é o semiárido nordestino. O cenário, porém, vem mudando com o aumento da disponibilidade e a distribuição de água pelo manejo dos rios, atividade que envolve a formação de reservatórios – os açudes – e a transposição das águas entre bacias hidrográficas. Mas os benefícios percebidos podem se tornar um problema, se medidas de preservação da qualidade das águas não forem tomadas.

Mauricio Mussi Molisani
Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socioambiental de Macaé (Nupem), Universidade Federal do Rio de Janeiro

O estado do Ceará é um exemplo bem-sucedido de manejo de águas fluviais. Cerca de oito mil reservatórios e um sistema de canais que corta todo o estado perenizam os rios, inclusive os intermitentes, que ficam secos durante parte do ano. O açude Castanhão (figura 1), formado pelo barramento do rio Jaguaribe, foi abastecido em 2004, tendo 325 quilômetros quadrados de espelho de água e capacidade de armazenamento de 6,7 bilhões de metros cúbicos – é duas vezes maior que a baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. O Castanhão e o canal da Integração (construído para levar as águas do açude para abastecimento da população) disponibilizam água para 4,2 milhões de pessoas no estado do Ceará, além de controlar cheias e disponibilizar o precioso líquido para irrigação, pecuária e produção de peixes. São inegáveis, portanto, os benefícios que o manejo dos rios traz ao semiárido. Acontece que a construção de açudes modifica as bacias hidrográficas, exigindo gestão da qualidade da água.

FOTO COGERH

Quando se constrói uma barragem, o rio se transforma em um lago, aumentando o volume de água e, principalmente, o tempo de residência da água na região. No açude Castanhão, esse tempo pode chegar a 4 mil dias. Qualquer coisa que entra no açude demora muito para sair, intensificando o acúmulo da matéria orgânica oriunda da vegetação, dos solos e de resquícios de atividades humanas, como urbanização, agricultura e pecuária.

No período inicial, logo após a sua formação, o açude se torna mais produtivo, porque a matéria orgânica libera para a água, nutrientes como carbono, nitrogênio e fósforo. Eles favorecem a produção primária (fitoplâncton, algas e plantas aquáticas), que, por sua vez, beneficia os consumidores primários, secundários e toda a cadeia alimentar. Mas, se, na sequência, a entrada de matéria orgânica não ocorre de maneira similar à da etapa inicial, a produtividade do reservatório reduz e ele pode se tornar oligotrófico, isto é, pobre em nutrientes. Essa, porém, não é uma situação comum na maioria dos açudes, pois os efluentes resultantes de atividades humanas,

>>>

como urbanização, pecuária, agricultura, aquicultura, vêm aumentando o aporte de matéria orgânica e de nutrientes. Diante desse cenário, muitos reservatórios permanecem eutróficos ou, em casos extremos, se tornam supertróficos.

Os sintomas de um estado eutrófico são aumento da concentração de nutrientes e, consequentemente, da presença de micro (fitoplâncton) e macroalgas e de plantas aquáticas. Quando essa biomassa vegetal entra em decomposição, ocorre consumo de oxigênio da água, o que, em eventos extremos, pode causar redução ou ausência de oxigênio (anóxia) e gerar mortandade de organismos. Outro efeito da eutrofização é o aumento de algas, como as cianofíceas, que podem produzir substâncias tóxicas. Cabe relembrar um caso emblemático ocorrido em uma unidade de hemodiálise de Caruaru (PE), em 1996: 60 pacientes morreram pela utilização de água contaminada por microcistina – uma toxina das cianofíceas. A água foi retirada de um açude eutrofizado e transferida sem tratamento para abastecer o hospital.

Do equilíbrio ao excesso O açude Castanhão foi considerado mesotrófico, estágio intermediário entre o oligotrófico e o eutrófico, em estudo realizado em 2007. Em sua porção inicial, no entanto, onde o rio Jaguaribe deságua, foi considerado eutrofizado, com reduzidas concentrações de oxigênio dissolvido (0,4 - 4,0 mg/L), altas concentrações de fósforo e presença extensiva de plantas aquáticas (figura 2). Esse cenário indica a influência dos nutrientes emitidos por atividades humanas localizadas a montante do açude ao longo do rio e mostrando a necessidade de medidas como o saneamento básico e a redução de efluentes agropecuários para desacelerar ou reverter um cenário de eutrofização.

O controle da emissão de efluentes se torna urgente pela presença de cianofíceas potencialmente tóxicas, como *Cylindrospermopsis raciborskii, Planktolyngbya limnetic* e *Microcystis sp*, que, em determinadas circunstâncias, podem se tornar espécies dominantes e induzir à produção de substâncias tóxicas. Outros açudes do Nordeste, além do Castanhão, vêm apresentando tais espécies de fitoplâncton, o que torna a eutrofização um problema regional comprometedor dos usos múltiplos da água.

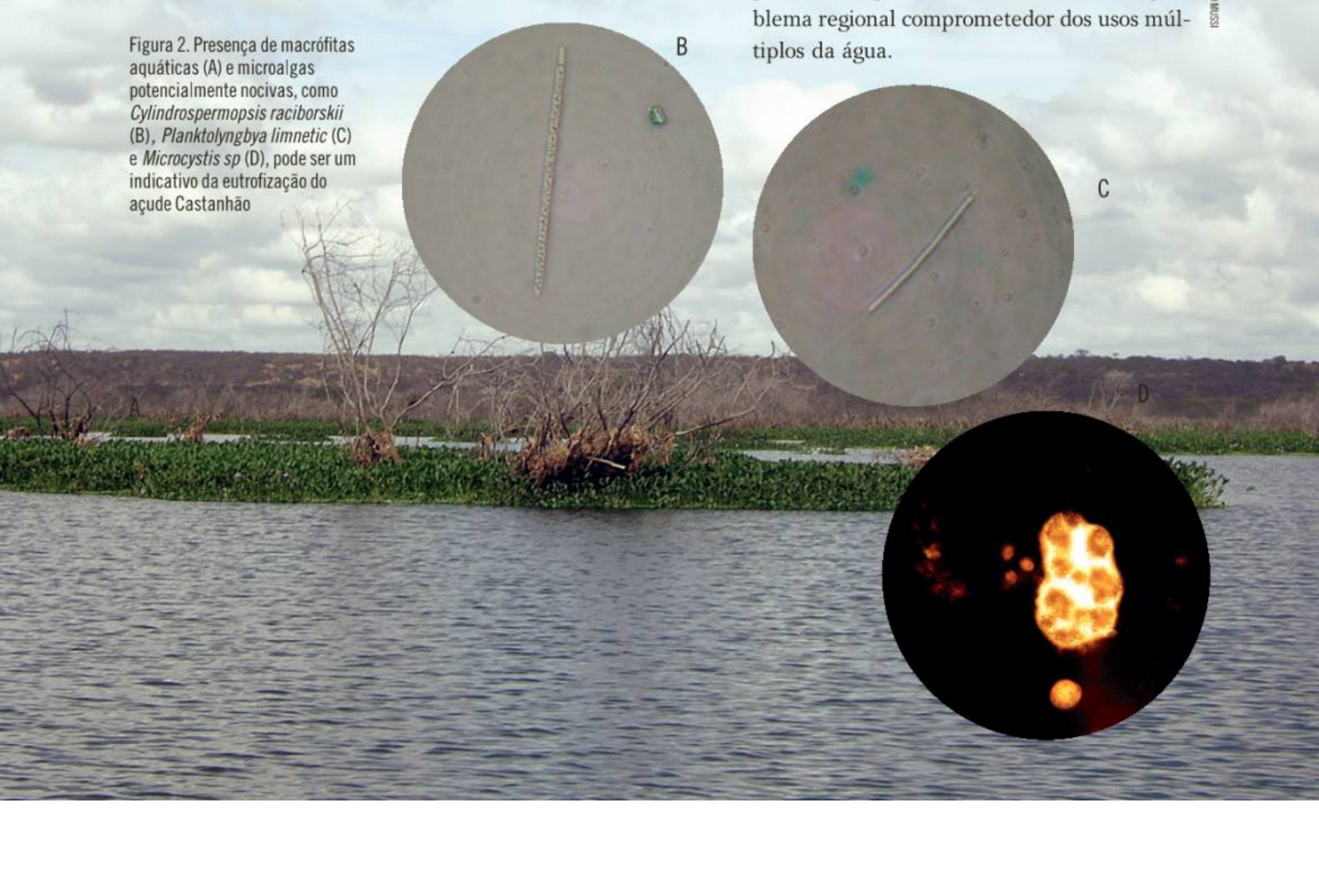


FOTO MAURICIO MUSSI

Figura 2. Presença de macrófitas aquáticas (A) e microalgas potencialmente nocivas, como *Cylindrospermopsis raciborskii* (B), *Planktolyngbya limnetic* (C) e *Microcystis sp* (D), pode ser um indicativo da eutrofização do açude Castanhão

FOTO MAURICIO MUSSI



Figura 3. Projeto de aquicultura de tilápia da comunidade de Curupati-Peixe

Tilápias em açudes No semiárido, a escassez de água sempre foi um fator limitante para o desenvolvimento socioeconômico. A formação dos açudes logo impulsionou atividades como a criação de peixes em tanques-rede, aumentando a geração de emprego e renda e diversificando a atividade econômica rural. A criação de tilápias no Castanhão, por exemplo, é um projeto governamental que estimou o potencial de instalação de um parque aquícola com área de 325 hectares de espelho d'água, divididos em 65 lotes, de acordo com a legislação que possibilita a ocupação de até 1% do espelho. Com o parque instalado, o açude poderá produzir anualmente 97.500 toneladas do peixe, aumentando em seis vezes a produção de tilápias do estado do Ceará, que já é o maior produtor do Brasil.

Vale ressaltar que a criação de tilápias em tanques-rede é uma fonte de nutrientes para o reservatório em razão da ração não ingerida pelos peixes e pela excreção de fezes por esses animais, sendo necessárias boas práticas de manejo para reduzir as emissões de nutrientes com potencial de eutrofização.

No Castanhão, atualmente, há 18 associações de projetos de aquicultura. O estudo de 2007 avaliou os impactos da piscicultura realizada pela comunidade de Curupati-Peixe (figura 3). Nessa comunidade, os tanques-rede produziam 224 toneladas de tilápia em seis meses. Para alimentar os peixes, eram utilizadas 358 toneladas de ração, o que induzia a uma perda de 134 toneladas de ração para o ambiente. Ou seja: utilizava-se 1,6 kg de ração para produzir 1 kg de tilápia. A perda representava a entrada adicional de 113 toneladas de carbono e 12 toneladas de nitrogênio para o açude, resultante da ração não ingerida e da excreção dos peixes.

O impacto da entrada dos nutrientes foi avaliado pelo monitoramento de diversos parâmetros de qualidade das águas na área de criação e os resultados, comparados com outras áreas do açude. Para muitos parâmetros, a qualidade das águas da enseada de Curupati-Peixe foi similar a outras áreas do açude, mas verificou-se maior valor de fósforo, de clorofila *a*, bem como maior densidade de células de fitoplâncton, indicando o potencial de eutrofização na área de tilapicultura.

Em geral, a entrada do Castanhão possui piores condições de qualidade das águas do que Curupati-Peixe, provavelmente pela emissão de efluentes de fontes como urbanização e atividades agropecuárias nas áreas a montante do açude. Ao contrário do esperado, não foram observados intensivos efeitos na área de tilapicultura. Uma das possíveis explicações é o tempo de residência da água na enseada que é totalmente renovada a cada 2,2 horas, transferindo o excesso de ração e fezes da área de criação para outras áreas do reservatório. A presença de peixes nativos do açude que ficam próximos à área de aquicultura comendo a ração não ingerida pelas tilápias também pode estar reduzindo os efeitos dos

>>>



Figura 4.
Fluxo de água do rio Jaguaribe antes (A) e após (B) o vertedouro da barragem

FOTOS MAURÍCIO MASSI

efluentes. O estudo aponta, portanto, para a necessidade de redução do fator de conversão para reduzir a perda de ração, além da adequação da produção às características do ambiente, como o volume e o tempo de residência das águas.

O impacto da criação de tilápias no estado trófico de açudes deve ser considerado prioritário para os reservatórios brasileiros. No açude Castanhão, a mortandade de peixes aumentou de 12%, em 2012, para 53%, em 2014, com perda superior a 150 toneladas de peixes. Desde 2012, a região enfrenta um período prolongado de seca. Embora o volume do açude tenha sido reduzido à metade, concentrando a carga de nutrientes, a instalação de novas fazendas de criação no Castanhão representou um aumento de 30% na produção de tilápias nos últimos anos. Ocorre, porém, que as criações estão se concentrando em somente 25% da área do açude, sendo necessário espalhar as fazendas ao longo do açude para obter uma eficiente diluição dos efluentes.

Desvio de rota Quando um rio é barrado para formar um açude, o fluxo de água e de materiais fluviais é modificado, o que tem repercussões na sua dinâmica. No passado, o rio Jaguaribe por ser intermitente, se transformava em poucos meses em um rio sem água para uma vazão de 7.000 m^3/s. Atualmente, ele tem em torno de 63 açudes e uma capacidade de reter mais de 10 bilhões de metros cúbicos de água.

A capacidade de retenção do Castanhão foi avaliada por meio de medições do fluxo de entrada de água, nutrientes e partículas em suspensão pelo rio Jaguaribe e na saída pelo vertedouro da barragem do açude. De janeiro a junho de 2007, o fluxo de água do rio Jaguaribe para o açude variou de 13 a 131 m^3/s, enquanto o fluxo de saída regulado pela barragem variou entre 5 e 11 m^3/s (figura 4), indicando a capacidade do reservatório de reter água e de perenizar o rio a jusante da barragem visando suprir as demandas, como o consumo das cidades.

O padrão de retenção pelo reservatório é replicado também para os nutrientes, onde o balanço entre os fluxos de entrada e saída indicam a retenção de 88%, 98%, 88%, 98%, respectivamente, de nitrogênio, fósforo, sílica e partículas em suspensão que entram no açude pelo rio Jaguaribe. Um exemplo de análise integrada mostra que 733 toneladas de nitrogênio entram no açude pelo rio Jaguaribe, enquanto 12 toneladas entram pela tilapicultura em Curupati-Peixe. Saem do reservatório 85 toneladas, o que



representa a retenção de 660 toneladas ou 88% do nitrogênio que entra. Esse cenário indica que, para implementação de uma atividade econômica na bacia hidrográfica de um açude, é imprescindível a avaliação da contribuição relativa de nutrientes, considerando que a alta capacidade de retenção do reservatório pode levar à deterioração das águas.

A retenção de água, nutrientes e partículas nos açudes modifica também a quantidade de materiais fluviais que chegam ao mar. O fluxo de água do rio Jaguaribe para o mar foi reduzido de 200 m^3/s para 20 m^3/s após a construção de açudes, incluindo o Castanhão. No Ceará e no mundo inteiro, a retenção de água em reservatórios, em associação com mudanças climáticas, vem ocasionando a redução do aporte fluvial para a zona costeira, fazendo com que as águas marinhas entrem rio acima por distâncias cada vez maiores, alterando a distribuição de manguezais, salinizando aquíferos de água potável, induzindo o assoreamento de estuários e a erosão costeira (ver 'Mudanças climáticas globais: caçando indicadores no Nordeste Brasileiro', em *CH* 272).

Em síntese, a disponibilidade de água nos açudes do Nordeste do Brasil promove o desenvolvimento socioeconômico, mas vem aumentando a emissão de nutrientes para esses ambientes, que os retêm de forma eficiente devido à rotina de operação das barragens. Esse cenário pode levar à eutrofização e a efeitos como a mortandade de peixes, a presença de algas tóxicas e, em casos extremos, inviabilidade do uso da água pela possibilidade de danos à saúde da população. CH

Sugestões para leitura

MOLISANI, M.M.; DO MONTE, T.M.; VASCONCELLOS, G.H. et al. Relative effects of nutrient emission from intensive cage aquaculture on the semiarid reservoir water quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.187, p.707, 2015.

MOLISANI, M.M.; BARROSO, H.S.; BECKER, H.; MOREIRA, M.O.P.; HIJO, C.A.G.; MONTE, T.M.; VASCONCELLOS, G.H. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão reservoir, CE, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v.22, p.1-12, 2010.

MOLISANI, M.M.; BECKER, H.; BARROSO, H.S.; HIJO, C.A.G.; MONTE, T.M.; VASCONCELLOS, G.H.; LACERDA, L.D.. The influence of Castanhão reservoir on nutrients and suspended matter transport during rainy season in the ephemeral Jaguaribe river (CE, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v.73, p. 115-123, 2013.

LACERDA, L.D.; MENEZES, M.O.T.; MOLISANI, M.M. Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004. *Biota Neotropica*, v.7, p.67-72, 2007.

Homoc

MARCADOR DE RISCO PARA DOENÇAS

Sintetizada a partir do metabolismo do aminoácido metionina, a homocisteína tem efeito tóxico para o organismo. Embora os mecanismos de toxicidade da substância ainda não estejam totalmente esclarecidos, estudos sugerem que altos níveis de homocisteína no plasma e nos tecidos podem estar relacionados à maior predisposição para doenças neurodegenerativas e cardíacas.

Angela T. S. Wyse
Departamento de Bioquímica,
Instituto de Ciências Básicas da Saúde,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Presente com maior frequência em alimentos de origem animal, como laticínios, ovos e carnes – principalmente as vermelhas –, a metionina é um aminoácido essencial, ou seja, não produzido pelo organismo humano, mas fundamental para seu bom funcionamento. Ela está envolvida em atividades como a síntese de proteínas e de DNA, necessária para o crescimento e funcionamento normal do organismo. Por outro lado, seu metabolismo sintetiza um segundo aminoácido, chamado homocisteína, de efeito tóxico. Aproveitar os benefícios do consumo de metionina sem ser prejudicado pelos malefícios da homocisteína é uma equação delicada para o organismo – equilibrada graças à participação de vitaminas (ácido fólico, B12 e B6) capazes de reduzir os níveis do aminoácido tóxico nas células e, consequentemente, evitar os danos que eles poderiam causar.

Com esse mecanismo, indivíduos normais mantêm seus níveis plasmáticos de homocisteína entre 5 e 15 micromols por litro (µM/L). Mas algumas pes-

isteína

NEURODEGENERATIVAS E CARDÍACAS

soas apresentam, por fatores genéticos ou ambientais – como, por exemplo, dietas hiperproteicas –, níveis mais elevados do aminoácido, uma condição conhecida pelos profissionais da área médica como hiper-homocisteinemia – de intensidade severa (> 100 µM/L), moderada (31-100 µM/L) ou leve (16-30 µM/L).

Casos graves Uma das causas da hiper-homocisteinemia severa ou grave é a homocistinúria clássica, doença genética caracterizada por uma mutação no gene que codifica a enzima cistationina betassintase, causando a deficiência da mesma. Essa enzima, auxiliada pela vitamina B6, degrada a homocisteína em produtos não tóxicos, como a cistationina que lhe dá nome. A cistationina, por sua vez, forma a cisteína, aminoácido importante para a síntese de glutationa – substância com efeito antioxidante.

A homocistinúria clássica é uma doença autossômica recessiva, ou seja, apresentada apenas por indivíduos que herdam o gene defeituoso tanto do pai quanto da mãe. A condição afeta 1 em 200 mil a 335 mil indivíduos em diferentes partes do mundo e se manifesta logo após o nascimento, quando os pacientes apresentam níveis aumentados de homocisteína no sangue e demais tecidos.

Entre as manifestações clínicas, as principais ocorrem nos olhos (lente ectópica e/ou miopia grave), no tecido ósseo (redução da resistência dos ossos, com aumento no risco de osteoporose e fraturas) ou nos sistemas nervoso central (atraso no desenvolvimento) e vascular (tromboembolismo – bloqueio do fluxo sanguíneo por coágulos). O diagnóstico é feito pela combinação entre esses sinais clínicos e a análise dos níveis dos aminoácidos homocisteína e metionina no plasma sanguíneo.

Geralmente, o tratamento envolve dieta com restrição de metionina, podendo incluir a suplementação das vitaminas B6, B9 (também conhecida como ácido fólico ou folato) e B12. Outros suplementos podem ajudar, como a betaína, capaz de fazer com que a homocisteína seja revertida à metionina. >>>

Leve, mas preocupante Embora os casos de hiper-homocisteinemia severa sejam raros, suas apresentações moderada e leve ocorrem com frequência na população. Elas podem ser causadas por polimorfismos nos genes de enzimas envolvidas no metabolismo do ácido fólico, deficiência de ácido fólico e de vitaminas B12 e B6, insuficiência renal crônica, consumo de álcool, sedentarismo, fumo, ingestão aumentada de metionina pela dieta rica em carnes, principalmente de gado, bem como dietas pobres em vegetais, cereais e peixes (ver 'A resposta na dieta').

Uma variedade de pesquisas mostra que a hiper-homocisteinemia leve é um fator de risco para doenças cerebrais e cardíacas, como as neurodegenerativas (doenças de Alzheimer e Parkinson), acidente vascular cerebral e cardíaco, aterosclerose, doenças neuropsiquiátricas (esquizofrenia e depressão) e câncer. Estudos apontam que uma elevação de apenas 5 μM/L nos níveis plasmáticos de homocisteína aumenta em 20% a 30% os riscos para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas em relação aos indivíduos normais.

No Brasil, a deficiência de vitamina B12 é particularmente relevante, sobretudo em idosos, e é nessa faixa etária que ocorrem tanto a maior frequência de hiper-homocisteinemia quanto a de doenças que afetam o cérebro e outros tecidos.

Além dos fatores já mencionados para o aumento dos níveis de homocisteína no organismo, estudos mostram que mulheres na menopausa apresentam níveis mais elevados do aminoácido, quando comparadas a homens na mesma idade. Esses dados sugerem que a diminuição de estrógeno pode estar relacionada ao aumento nos níveis de homocisteína, e este último pode estar associado à predisposição das mulheres na menopausa a sintomas como perda de memória, depressão e outros.

Por trás da doença Os mecanismos pelos quais a homocisteína exerce seus efeitos tóxicos não estão completamente elucidados. Entretanto, no cérebro, a homocisteína tem sido associada ao dano neuronal causado pela ativação de receptores de neurotransmissores, bem como à indução de estresse oxidativo, danificando células vasculares e neuronais.

Há mais de uma década, nosso grupo de pesquisa tenta montar as peças desse quebra-cabeça, buscando compreender os mecanismos de toxicidade da homo-

A RESPOSTA NA DIETA

A deficiência de ácido fólico e vitamina B12 é considerada um problema de saúde pública em todo o mundo. No caso da vitamina B12, a deficiência não está necessariamente relacionada a uma dieta pobre nesse nutriente: na maior parte dos casos, o que fica prejudicado é a absorção da vitamina pelo organismo. Por outro lado, uma das principais causas da deficiência de ácido fólico é a ingestão alimentar inadequada – seguida de fumo, alcoolismo e uso de certos medicamentos, como anticonvulsivantes.

Para fortalecer a ingestão de ácido fólico por meio da dieta, vários países adotaram a fortificação obrigatória da farinha branca com a vitamina, o que se provou uma intervenção de saúde pública bem-sucedida. No Brasil, essa estratégia foi instituída pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). O objetivo primordial era reduzir a ocorrência de malformações do tubo neural durante a gravidez – um problema que pode trazer sérias consequências ao nascimento e ao longo da vida do paciente. Mas, paralelamente, essa medida também favorece a ingestão adequada de folato por crianças e idosos e, possivelmente, ajuda a controlar os casos de hiper-homocisteinemia leve na população.

Alguns estudos clínicos e em modelos animais têm sido desenvolvidos para avaliar o efeito da administração de ácido fólico sobre a toxicidade da homocisteína. Nossos trabalhos, por exemplo, demonstraram que o folato preveniu o prejuízo comportamental (déficit de memória) e as alterações no estado oxidativo e energético no coração e cérebro de animais submetidos à hiper-homocisteinemia.

É bom lembrar, no entanto, que outros estudos sugerem que a suplementação com altas concentrações de ácido fólico pode trazer consequências danosas para as células.

cisteína. Nossos esforços iniciais se concentraram no desenvolvimento de um modelo animal de hiper-homocisteinemia grave, capaz de imitar a homocistinúria clássica.

Os resultados mostraram que a homocisteína aumenta a produção de radicais livres (moléculas instáveis que reagem facilmente com outras) e diminui as defesas antioxidantes, resultando em uma condição chamada de estresse oxidativo, que pode causar prejuízos ao organismo. Também observamos que o aumento nos níveis desse aminoácido provoca danos a proteínas, lipídeos e DNA, bem como prejudica a produção de ATP (moeda energética da célula) no cérebro e no coração de ratos. Outro dano observado foi um déficit de memória em várias tarefas testadas.

Em seguida, desenvolvemos um modelo experimental de hiper-homocistenemia leve, com o objetivo de mimetizar um fator de risco para doenças neurodegenerativas e cardíacas. Assim, mostramos que o aumento dos níveis de homocisteína provoca inflamação e alteração no sistema colinérgico cerebral.

Nos cérebros saudáveis, a acetilcolina, um neurotransmissor colinérgico, tem, além de funções importantes para o cérebro e para outros tecidos – incluindo mecanismos de memória e aprendizagem –, ação anti-inflamatória. Em pacientes com doença de Alzheimer, observa-se uma diminuição da acetilcolina, provavelmente devido ao aumento das enzimas que a degradam (acetilcolinesterases), e aumento de parâmetros inflamatórios. Nossos achados indicam que a homocisteína pode ser um fator de risco para essa e outras doenças, por aumentar as atividades de acetilcolinesterases, diminuindo os níveis de acetilcolina.

Modelos animais Todos esses estudos têm contribuído na elucidação dos mecanismos tóxicos da homocisteína, ampliando a compreensão da hiper-homocisteinemia como uma tentativa de abrir janelas terapêuticas. São promessas animadoras, mas, para chegar aos tratamentos que desejamos, é de suma importância a realização de estudos pré-clínicos em animais. Pesquisas em tecido cerebral de humanos, mesmo *post mortem*, encontram muito mais dificuldades, tanto pela quantidade de amostras necessárias quanto pela inviabilidade celular.

A utilização de modelos experimentais permite fazer avançar uma grande parte do conhecimento necessário para o desenvolvimento de novas terapias antes de iniciar ensaios em humanos. Essa estratégia é comprovadamente eficaz: a partir de nossos estudos, outros pesquisadores, em colaboração com o nosso grupo de pesquisa, têm avaliado parâmetros bioquímicos em sangue de pacientes com homocistinúria similares aos utilizados nos testes com animais. Os mesmos trabalhos mostraram que alguns pacientes responderam positivamente ao tratamento com antioxidantes testados previamente nos nossos modelos.

A transferência do conhecimento obtido das experiências de bancada para atuação clínica é o que se chama de medicina translacional. Trata-se de uma perspectiva bem aceita na comunidade científica, mas nem sempre compreendida pelas pessoas que não atuam nessa área. Vale reforçar, por isso, que as pesquisas de bancada, utilizando modelos experimentais (células vivas ou animais de laboratório), têm, neste e em outros casos, enorme contribuição para o entendimento de mecanismos da fisiopatologia das doenças, favorecendo o desenvolvimento de novas drogas e sua aplicação clínica. CH

Sugestões para leitura

GARCIA, G; TREJOS, J; RESTREPO, B; LANDÁZURI, P Homocisteína, folato e vitamina B12 em pacientes colombianos portadores de coronariopatia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, n. 89, pp. 71-76, 2007.

VANNUCCHI, H; MELO, SS. Hiper-homocisteinemia e risco cardiometabólico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, n. 53, pp. 540-549, 2009.

SCHERER, EB. *Alterações cerebrais, cardíacas e vasculares em ratos adultos submetidos ao modelo químico experimental de hiper-homocisteinemia leve.* Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Bioquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

KAMAT, PK; VACEK, JC; KALANI, A; TYAGI, N. HomocysteineInduced Cerebrovascular Dysfunction: A link to Alzheimer's desease etiology. *Open Neurology Journals*, n. 24, pp. 9-14, 2015.

BARNABÉ, A; ALÉSSIO, A; BITTAR, F; DE MORAES MAZETTO, B; BICUDO, AM; DE PAULA, E; HÖEHR, NF; ANNICHINO-BIZZACCHI, M. Folate, vitamin B12 and Homocysteine status in the post-folicacidfortification era in different subgroups of the Brazilian population attended at a public healthcare center. *Nutrition Journal*, n. 19, pp. 14-19, 2015.

POR ALICIA IVANISSEVICH

Belas e, por vezes, perigosas

BIJUTERIAS VENDIDAS EM COMÉRCIO POPULAR CONTÊM METAIS PESADOS EM CONCENTRAÇÕES TÓXICAS À SAÚDE

Aquele simpático cordão comprado no camelô, a pulseirinha inocente de baixo custo, ou mesmo a imitação de uma linda corrente dourada para presentear um amigo podem esconder riscos sérios à saúde. Uma pesquisa com bijuterias baratas – de até R$ 5 – adquiridas aleatoriamente no comércio de Juiz de Fora (MG), além de outras apreendidas pela Polícia Civil de Minas Gerais, encontrou níveis de cádmio e chumbo superiores aos permitidos pela legislação brasileira.

A análise de 16 amostras – entre cordões, pulseiras e tornozeleiras – foi feita pela química Taimara Polidoro Ferreira, durante seu mestrado no Núcleo de Pesquisas em Instrumentação e Separações Analíticas da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), sob a orientação dos professores Denise Lowinsohn e Rafael A. de Sousa. Um terço dos itens estudados apresentou concentrações de metais pesados (7,55% m/m de chumbo e 4,05% m/m de cádmio) além das estabelecidas como seguras.

"Consideramos esses níveis preocupantes para a saúde, pois as peças contêm metais tóxicos que, se absorvidos pelo organismo, podem gerar uma série de problemas para as pessoas que as utilizam diariamente", adverte Ferreira, que atualmente cursa o doutorado na UFJF. Entre os efeitos do uso contínuo desse tipo de bijuterias, a pesquisadora cita alergias e irritações na pele, como dermatites de contato ou eczemas, para o caso do níquel, e possíveis danos aos rins, problemas neurológicos e até alguns tipos de câncer, provocados pela absorção de chumbo e cádmio através dos poros. "Estamos avaliando mais detalhadamente essa última hipótese no laboratório", informa a química. Ela destaca, porém, que, como o conjunto estudado é pequeno, o resultado não pode ser generalizado.

A matéria-prima usada na produção das bijuterias avaliadas provém de sucata, lixo eletrônico, soldas e baterias, que contêm grande quantidade de metais pesados. E vale lembrar que cádmio, níquel e chumbo não são apenas perigosos para a saúde como também são prejudiciais ao ambiente. "Como os metais não são biodegradáveis, o descarte inadequado de bijuterias pode contaminar o solo, águas de rios e mares e até o lençol freático, já que as peças têm quase sempre como destino final os lixões", lamenta Ferreira.

Mas como garantir que as bijuterias vendidas no comércio popular sejam seguras? "Impossível saber a olho nu se a peça contém metais tóxicos", afirma a química. "É necessário que haja uma fiscalização constante dos órgãos responsáveis, como a Anvisa [Agência Nacional de Vigilância Sanitária], para assegurar que toda bijuteria que chegue ao comércio esteja dentro dos padrões exigidos pela legislação. Só assim é possível proteger o consumidor desse tipo de material nocivo à saúde."





IMAGENS PIXABAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO

POR CÁSSIO LEITE VIEIRA

Qual a probabilidade de ter um amigo famoso?

FÍSICOS DESVENDAM COMPORTAMENTO INÉDITO DE REDES

Imagine que você queira fazer novos amigos, mas faz questão de conhecê-los pessoalmente. Famosos e bem conectados são bem-vindos. Para encontrar essas pessoas, você vai a uma rede social. Você acha uma celebridade, com milhões de amigos, mas ela está muito longe, do outro lado do mundo... No entanto, seu vizinho não é lá muito famoso, mas ele está logo ali – e nunca se sabe quando se vai precisar de uma xícara de açúcar ou um ovo emprestados. Artigo recente de três pesquisadores brasileiros estudou um sistema semelhante e chegou a conclusões surpreendentes.

As chamadas novas mídias (Facebook, Twitter, Instagram etc.) são bons exemplos daquilo que os físicos denominam redes. No caso, cada usuário representa um nó, enquanto as relações com os seguidores ('amigos') são as chamadas conexões. Redes podem ter várias dimensões. Um mapa com as linhas do metrô é um bom exemplo de uma rede bidimensional. Já um polímero, no qual as moléculas constituintes estão ligadas apenas à 'companheira' da esquerda e da direita, pode ser considerado uma rede unidimensional. Exemplo de rede tridimensional são os epicentros (os nós) de terremotos que podem estar ligados por falhas geológicas (conexões) e, além disso, ter profundidades distintas. Podem existir redes com mais de três dimensões, mas estas são impossíveis de visualizar.

Redes podem ser dotadas de uma propriedade denominada métrica. Quando isso ocorre, a distância entre os nós é um fator importante. Em nosso caso, a implicação prática é a seguinte: você gostaria muito de ser amigo, por exemplo, de um artista famoso europeu e muito bem conectado, mas ir a outro continente demandaria tempo e dinheiro. Por outro lado, conhecer um vizinho pode não acrescentar notoriedade a seu círculo de amizades, mas o 'custo' dessa conexão é praticamente zero.

Três físicos brasileiros, Constantino Tsallis, pesquisador emérito do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Samuraí Brito e Luciano Rodrigues da Silva, ambos do Departamento de Física Teórica e Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), estudaram redes semelhantes àquelas descritas até aqui. E a forma como eles atacaram o problema pode ser expressa por meio de uma pergunta aparentemente simples: qual a probabilidade de você entrar em uma rede e se tornar amigo de uma celebridade.

Essa probabilidade (P) é diretamente proporcional ao número de conexões (k) que a tal celebridade tem. Mas essa mesma probabilidade tem um 'fator de contenção', que é a distância (r) que separa você do tal amigo famoso, elevada a um expoente (α). Portanto, a probabilidade de você se tornar amigo de alguém é expressa por P proporcional a k/r^{α}. O expoente α pode ser entendido como o 'grau de seu desejo de fazer uma amizade'. Se ele for muito baixo (por exemplo, zero), você estaria disposto a ir até o 'outro lado do mundo' para conhecer e se tornar amigo de alguém; se esse expoente for muito alto (digamos, 10), você só faria amizade com pessoas de seu bairro; se ele tendesse a infinito, seu círculo de amizades seria restrito aos vizinhos mais próximos.

Com a ajuda de computadores potentes, Brito, da Silva e Tsallis calcularam essa probabilidade para redes uni, bi, tri e quadridimensionais, fazendo variar o expoente α. Os resultados – publicados em *Scientific Reports* 6: 27992 – trouxeram surpresas. A primeira delas é que a estatística que rege tais redes não é a 'tradicional', ou seja, aquela conhecida como estatística de Boltzmann-Gibbs, mas, sim, a chamada q-estatística (ou estatística de Tsallis), proposta pelo pesquisador do CBPF em 1988 e que generaliza a primeira – ou seja, a estatística de Boltzmann é um caso especial da estatística de Tsallis.

A segunda (e, talvez, a maior) surpresa: era de se esperar que a distribuição de probabilidades para os quatro tipos de redes estudados (1D, 2D, 3D e 4D) dependesse da dimensionalidade da rede (D) tanto quanto – e independentemente – do expoente (α). Mas não. A simulação computacional mostrou que essa distribuição, nos quatro casos, depende somente da razão α/D – mais especificamente, q é função de α/D.

Isso confere a esses sistemas (redes com métrica e dimensões variáveis) uma propriedade que os físicos denominam universalidade. E uma consequência disso é a seguinte: se o α for muito grande, passa a valer a estatística de Boltzmann-Gibbs, e o sistema é dito local – mais ou menos como se você só estivesse disposto a fazer amizade com seus vizinhos. Já com α muito pequeno, o sistema é dito global – caso em que você estaria também disposto a 'ir ao fim do mundo' para fazer amizade com alguém.

"Esses resultados reforçam a ideia de que a estatística tem que se adaptar ao sistema em questão. Em outras palavras, temos que usar a estatística adequada para cada situação", diz Tsallis.

Muito além da beleza

Flores secas e seus metabólitos secundários têm diversos outros usos que não a ornamentação

A fotossíntese é um processo essencial sem o qual os vegetais definham e morrem. Ela faz parte, portanto, do metabolismo primário das plantas. Já o metabolismo secundário gera produtos que, embora tenham utilidade, não são fundamentais – ou seja, sem eles, a planta continua vivendo. São os metabólitos secundários, substâncias naturalmente produzidas nas plantas.

Apesar de não serem essenciais, metabólitos secundários desempenham os mais distintos papéis nos vegetais, auxiliando no sucesso destes frente a fatores ambientais. Uma série de metabólitos secundários está envolvida na proteção contra herbívoros, ou em mecanismos de atração de polinizadores.

A grande maioria dos produtos extraídos de plantas utilizados pelo ser humano são metabólitos secundários: tinturas, ceras, perfumes, medicamentos, substâncias inseticidas e muitas outras.

Os metabólitos secundários são divididos em três grandes grupos: o maior deles, com cerca de 25 mil substâncias conhecidas, é o dos terpenos. O segundo, com 12 mil substâncias, é o dos alcaloides; e o último, com aproximadamente 8 mil representantes, é o dos compostos fenólicos.

No artigo 'Tesouros do cerrado' desta edição, os autores chamam a atenção para a importância econômica, social e cultural de plantas secas ornamentais, as famosas sempre-vivas. Sob essa denominação podem ser incluídas diversas espécies de diferentes famílias (Eriocaulaceae, Poaceae, Xyridaceae, Cyperaceae e Rapateaceae) que apresentam alguma parte adequada para a desidratação, mantendo a aparência de estruturas vivas, mesmo depois de secas. Geralmente, as inflorescências são as partes mais desejadas (embora folhas, frutos e sementes também possam ser utilizados). Sua beleza, associada a seu baixo conteúdo de água, faz delas excelentes plantas decorativas; mas o uso de flores secas vai muito além da ornamentação.

DA PÓLVORA ÀS ESPECIARIAS A elaboração da pólvora, por exemplo, é feita por meio da mistura de enxofre, carvão e salitre (nitrato de potássio), mas um dos segredos para a obtenção de uma boa pólvora é o uso de carvão vegetal. O carvão mineral, ou a grafite, formas muito puras de carbono, não são adequados para isso. Para que se alcance uma rápida reação de ignição, são necessários os chamados 'materiais voláteis' presentes nas madeiras, que nada mais são do que metabólitos secundários da classe dos terpenos. Por isso, o carvão vegetal é o mais utilizado.

O carvão feito a partir do salgueiro foi, historicamente, a planta de preferência, mas sempre-vivas também se mostraram muito adequadas. Exatamente por isso o comércio das sempre-vivas do Brasil para os Estados Unidos e o Japão durante a Segunda Guerra Mundial foi alvo de intervenções militares, pois desconfiava-se que seriam usadas para a produção de pólvora.

Não se pode falar de flores secas sem falar do cravo-da-índia. Além de especiaria bem popular, é facilmente reconhecida pelo seu formato peculiar. Na verdade, cravos

Metabólitos secundários presentes no cravo-da-índia têm atividade antioxidante, anti-inflamatória, antifúngica, antisséptica e antibacteriana. Usado há 3.500 anos, o açafrão tem efeitos medicinais importantes



FOTO FREEIMAGES

são os botões das flores do craveiro (*Eugenia caryophyllata*), colhidos a dedo quando começam a amadurecer e então colocados para secar ao sol.

Cravos eram praticamente desconhecidos dos europeus até a primeira metade do século 18. Mas já eram utilizados há muito tempo na Ásia. Documentos chineses da dinastia Han mostram que o imperador Gaozu, que governou a China de 202 até 195 a.C., ordenou que quem fosse ter uma audiência com ele mastigasse um cravo como forma de melhorar o hálito.

Além de seu uso muito conhecido na culinária, o cravo era empregado como remédio em diferentes culturas orientais. Esses efeitos são explicados pelos seus metabólitos secundários. Ácido oleanólico (um terpeno) e eugenol (um composto fenólico) são os dois principais metabólitos secundários presentes em cravos. O primeiro tem atividade antioxidante, anti-inflamatória, antifúngica e antibiótica, além de inibir o crescimento de alguns tumores. Já o eugenol têm propriedades antissépticas e antibacterianas, sendo amplamente utilizado em perfumaria e como aromatizante de alimentos. Por isso, mastigar cravos era uma excelente forma de evitar cáries.



FOTO PIXABAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO

Talvez o produto vegetal seco mais famoso – e certamente o mais valorizado – seja o açafrão, que é o pistilo (conjunto de órgãos femininos) da flor *Crocus sativus*. Seu alto preço se justifica pelo enorme trabalho exigido para extrair o pistilo, de forma manual, uma flor por vez. Depois de coletados, os pistilos são separados das flores e colocados para secar.

A humanidade cultiva o açafrão há pelo menos 3.500 anos, interessada tanto na sua cor e sabor quanto em suas propriedades medicinais. A rainha egípcia Cleópatra (69-30 a.C.) usava açafrão em seus banhos quentes e antes de se encontrar com homens, acreditando em suas propriedades afrodisíacas. Curandeiros egípcios usavam o açafrão para tratar todo tipo de distúrbios gastrointestinais e urinários. Fenícios produziam perfumes, e pequenas bolsas contendo a especiaria eram carregadas a fim de disfarçar odores desagradáveis. Além disso, tinturas preparadas a partir do açafrão eram usadas para tingir tecidos e até em livros.

Tanto o historiador grego Heródoto (484-425 a.C.) como o naturalista romano Plínio, o Velho (23-79), descreveram propriedades curativas do açafrão no trato de doenças renais e gastrointestinais. Essa fama persistiu por muitos séculos, de forma que o médico suíço-alemão Paracelso (1493-1541), por volta de 1500, desenvolveu um elixir, composto de babosa, mirra e açafrão, que ficou muito famoso. O remédio resistiu ao tempo, e uma versão dessa formulação (chamada elixir do dr. Garrus) fez tanto sucesso na França no século 18 que é citado por duas vezes no clássico livro *Madame Bovary*, de Gustave Flaubert, publicado em 1857.

O VALOR DOS METABÓLITOS Os metabólitos secundários por trás desses usos são a crocina, a crocetina, a picrocrocina e o safranal (carotenoides do grupo dos terpenos). A crocina é o principal responsável pela coloração amarelo-avermelhada, e sua concentração aumenta durante o processo de secagem da planta. O gosto característico da especiaria é atribuído à picrocrocina, e o odor, ao safranal.

Recentemente, estudos têm confirmado os efeitos medicinais do açafrão. Patentes norte-americanas foram registradas para o uso da crocetina no tratamento de papilomas (tumores) da pele e hipertensão e como anti-inflamatório. Além disso, extratos de açafrão ricos em crocetina têm conseguido inibir a síntese de ácidos nucleicos, podendo ser úteis no tratamento de câncer.

Secar plantas é um processo muito antigo e útil. Reduzindo o teor de água é possível manter as plantas e suas propriedades por tempos muito longos. Sempre-vivas mantêm sua aparência, mas não apenas isso. Também os metabólitos secundários se conservam com a desidratação de vegetais, conferindo às plantas secas uma importância que vai muito além da beleza. Moléculas tão diferentes capazes de perfumar, colorir, dar sabor e curar e que, por isso, encontraram seu lugar em múltiplos aspectos de nossa vida.

LUIZ MORS CABRAL
Instituto de Biologia,
Universidade Federal Fluminense

TENSÃO À MOSTRA

Jason Bourne, o quinto filme da série que revolucionou a estética do cinema de espionagem, destaca o necessário equilíbrio entre as ações de inteligência e a supervisão da atividade

JASON BOURNE, o quinto filme da franquia inaugurada em 2002, traz novamente à tela a bem-sucedida parceria entre Paul Greengrass e Matt Damon, selada por duas edições. Baseado na trilogia escrita por Robert Ludlum (*A identidade Bourne*, *A supremacia Bourne* e *O ultimato Bourne*), o filme retoma o roteiro que, de alguma forma, revolucionou a estética dos filmes de espionagem, provocando, inclusive, uma espécie de 'reinvenção' do mais famoso espião do cinema, James Bond, que passou a ter uma narrativa muito mais realista.



DIVULGAÇÃO

Haveria uma tese a ser escrita sobre as várias questões que perpassam o funcionamento das atuais agências de inteligência, tanto no que diz respeito à ficção quanto aos problemas reais de algumas delas. Mas três pontos específicos, interconectados e de extrema relevância para a sociedade, saltam aos olhos: primeiro, a questão da privacidade e as mudanças engendradas na relação Estado x indivíduo após os atentados de 11 de setembro; segundo, a capacidade tecnológica do Estado de coletar e analisar uma grande quantidade de dados praticamente em tempo real; e, por fim, um aspecto que ficou em segundo plano neste último *thriller* está relacionado às expectativas criadas pelo fim de *O legado Bourne*, rodado em 2012: o desafio do controle ou da chamada *accountability* (responsabilidade) existente sobre esses órgãos.

O legado Bourne aborda um novo programa da CIA (agência de inteligência norte-americana) que envolveria a produção de superagentes instruídos para matar (o que, por si só, vincularia o filme à franquia Bourne, cuja trilogia arrecadou mais de 1 bilhão de dólares, mas que não conta com a presença do próprio Bourne) e termina com parte do que seria uma virada de mesa da CIA em relação às denúncias de Pamela Landy, vivida por Joan Allen. Landy, que havia denunciado esquemas de violação aos direitos civis dos próprios americanos, acabou sendo desacreditada pela direção da agência, sendo transformada em ré. Por se tratar de um dos raros *links* realmente existentes entre *O legado* e a trilogia, criou-se a expectativa de que o próximo filme desenvolveria uma narrativa contínua em torno desse processo judicial, o que não ocorreu.

Sem dúvida, uma sombra que orienta toda a série diz respeito à possibilidade de autonomia, aos graus de corrupção, de quebra da legalidade e incapacidade da sociedade e do governo de exercer um efetivo controle sobre as agências de inteligência, como bem retrata, inclusive, o extermínio de jornalistas que acabam por ter acesso a informações qualificadas e pretendem divulgá-las. Romper com essa barreira de proteção das agências requer estratégias bem estabelecidas, a exemplo do caso *Wikileaks*, que apesar de existir desde 2006, apenas ganhou projeção internacional a partir da parceria estabelecida com órgãos de grande repercussão internacional, como a revista alemã *Der Spiegel*, os jornais *The New York Times* e *Washington Post*, dos Estados Unidos, *The Guardian*, da Grã-Bretanha, e *El País*, da Espanha.



DIVULGAÇÃO

TERRORISMO E INTELIGÊNCIA Em termos de acesso à privacidade, a surpreendente revolução tecnológica dos últimos 20 anos provocou o rompimento de determinadas fronteiras, que permitiram ao mundo se interconectar em tempo real, por meio da internet. A dimensão dramática posta pelos atentados às Torres Gêmeas em 11 de setembro de 2001, quando houve a transmissão, em tempo real, da explosão do segundo avião que caiu na torre, aterrorizou a população estadunidense a ponto de não só permitir, mas quase reivindicar o controle das informações privadas dos cidadãos.

Desde então, a sociedade norte-americana passou a se sentir ameaçada dentro de seu próprio território. Esse medo aprofundou ainda mais o paradigma da segurança nacional, na qual os cidadãos reivindicam ações enérgicas do Estado em relação ao terrorismo, ao mesmo tempo que recuam no caso de abusos desses poderes. A 'licença consentida para a violação da privacidade' constituiu-se em fator extremamente útil tanto ao governo quanto aos setores industriais e financeiros.

A partir de 2001, vários direitos individuais foram suprimidos por força de lei, tornando qualquer pessoa dentro do país uma ameaça em potencial. Muitos cidadãos foram investigados pelo FBI (polícia federal norte-americana) e pela CIA – esta última responsável pela inteligência externa, até então proibida de agir dentro do país. Também cresceram as denúncias de controle desses órgãos sobre os veículos de comunicação. Com a nova legislação aprovada internamente, os Estados Unidos se tornaram a 'polícia' do mundo, conforme fica evidente na série, quando polícias locais ora contribuem com a CIA, ora entram em confronto com seus agentes, justamente por desconhecer a atuação do órgão em seu território.

A tecnologia tem contribuído enormemente para o desempenho eficaz e seguro da atividade de inteligência, a exemplo do uso dos *drones*. Um comando é emitido a um *drone* localizado a milhares de quilômetros de distância, a partir de uma base instalada dentro do próprio território, e pode ser realizada em questão de minutos. Não obstante, a tecnologia de modo algum substitui a importância das tradicionais fontes humanas. *Drones* não realizam prisões, por exemplo; eles miram e acertam alvos cuja localização é definida por satélite, mas com uma margem de erro que pode produzir muitas tragédias. Com a média de uma morte civil para três mortes de militantes, o uso dessa tecnologia tem produzido o efeito contrário ao seu principal interesse, pelo menos em tese: ele acaba sendo responsável muito mais por criar do que por destruir terroristas.

Também não podemos desconsiderar a atual capacidade de processamento de megadados (*Big Data*). Para que esse recurso seja útil para as agências, é preciso que haja capacidade não só de captura de dados, que em geral são protegidos e viabilizados tanto por empresas estatais quanto privadas, mas de transferência, análise, compartilhamento e visualização. Da mesma forma que os *drones*, para que esses recursos tecnológicos atendam aos interesses propostos e haja uma utilização eficiente dos dados, também é necessária a disponibilidade de profissionais capazes de processar e analisar um conjunto amplo de informações (estruturadas ou não), o que leva tempo para ser desenvolvida.

Outra questão é a capacidade que essa tecnologia tem de atingir a infraestrutura crítica de qualquer lugar: setores de energia elétrica e nuclear, aeroportos, usinas etc. Tal argumento foi amplamente usado pelo presidente Barack Obama em seu Discurso sobre o Estado da União em 2013 (relatório anual apresentado oralmente ao Congresso pelo presidente dos Estados Unidos), o qual buscava reforçar os aspectos legítimos da ordem executiva, assinada naquele mesmo ano, para definir a legalidade de um acordo de colaboração entre o Estado e o setor privado na área de segurança cibernética.

Esse aspecto fica evidente na conversa entre o diretor executivo da *Deep Dream*, Aaron Kalloor (vivido por Riz Ahmed) e o diretor da

>>>

CIA, Robert Dewer (representado por Tommy Lee Jones). Ao pressionar pela instalação de um *backdoor* (falha proposital no sistema que permite o acesso de informações sem que o usuário perceba) no novo sistema desenvolvido pela *Deep Dream*, Robert acusa Kallor de, apesar de possuir um discurso de internet livre e privacidade, ser um dos responsáveis por tornar o mundo mais perigoso, justamente por entregar informações de "seus clientes".

POSSÍVEL, MAS IMPROVÁVEL No que diz respeito a *Jason Bourne*, apesar de toda a capacidade de coleta viabilizada pelas novas tecnologias, alguns questionamentos em torno da veracidade e das capacidades das agências de inteligência apresentadas pelo filme devem ser feitos, sobretudo se considerarmos que, para além da existência da tecnologia, é necessário que exista permissão de acesso de outro país às informações, o que depende de cooperação, acordos internacionais e estabelecimento de protocolos, ou mesmo de acessos realizados de forma ilegal.

Embora os sistemas sejam capazes de fornecer informações relativas à identificação do usuário e de sua localização, uma capacidade operacional de intervenção em tempo real é possível, mas pouco provável, a exemplo do que ocorre no prédio dos *hackers*, quando a CIA, a partir de Nova York, consegue desativar o sistema elétrico do prédio em que Nicky Parsons (Julia Stiles) está, assim como no mapeamento de seus movimentos desde a Islândia até a Grécia. O filme indica uma possibilidade de acesso ao controle migratório de distintos países em tempo real, o que, além de exigir acordos e cooperação, depende da existência de um determinado nível de informatização das estruturas migratórias desses países.

Outro exemplo de improbabilidade diz respeito ao acesso às imagens das câmeras de segurança em Atenas. A viabilidade de integração de todas as informações e o mapeamento de rotas com o cruzamento de trajetos e horários em tempo real, que permitam ao setor de análise saber que horas Nicky Parsons teria desembarcado e onde, soam duvidosos. Suas intenções são inferidas de forma tão concreta que permite todo o deslocamento e recepção de vários agentes para a região prevista. Além da questão do reconhecimento facial em tempo real, a partir, unicamente, de informações como idade e sexo, o que, de novo, é possível, mas pouco provável.

Diante desses fatores, alguns reais, outros fictícios, resta uma questão: quem vigia os Estados Unidos enquanto 'polícia do mundo'? Três questões estão postas em todos os filmes da franquia. Primeiro, a da corrupção dentro da agência, na qual ocupantes de cargos de confiança fazem uso das informações e do assassinato de pessoas na defesa de interesses próprios. Segundo, a divisão institucional existente, seja em função da obediência à legalidade, como no caso de Landy, seja em função de interesses profissionais, como fica evidente na personagem de Heather Lee (vivida por Alicia Vikander), responsável pelo assassinato de seu superior, o diretor da agência. Por fim, a questão da autonomia da agência, responsável não só pela tortura e pelo assassinato de terroristas, mas também de cidadãos americanos que ameacem seus interesses, nem sempre legítimos.

Daí a grande importância de implementação de mecanismos eficazes de controle da inteligência – aspecto crucial para a legitimidade da própria atividade de inteligência, para a sua eficácia e para a aprovação dos investimentos feitos na área. A supervisão precisa se ater a duas questões básicas: o controle da atuação das agências, que têm como condição de eficácia o segredo e a clandestinidade; e o domínio orçamentário, pois trata-se de uma atividade altamente especializada, com pesados requisitos tecnológicos que recolocam na agenda a tensão entre tecnocracia e governo representativo.



DIVULGAÇÃO

Priscila Carlos Brandão
Departamento de História, Universidade Federal de Minas Gerais

A vida no limite

Alguns micro-organismos são capazes de sobreviver em ambientes extremos, como a alta atmosfera

DOUGLAS GALANTE
Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia, Universidade de São Paulo
Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

FABIO RODRIGUES
Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia e Instituto de Química, Universidade de São Paulo

Há cerca de 3,6 bilhões de anos, os primeiros seres vivos se espalharam e se diversificaram pelo planeta. Assim como as bactérias atuais, esses seres eram unicelulares e extremamente resistentes e adaptáveis. Capazes de lidar com condições ambientais extremas, eles são conhecidos como extremófilos. Hoje podemos encontrá-los do frio dos polos às fontes termais ferventes. A ciência agora avança para a compreensão da vida em outra direção: para o alto!

Há décadas, os cientistas demonstram em suas pesquisas a presença de micro-organismos vivos na alta atmosfera, mas apenas mais recentemente os esforços têm se direcionado para entender como eles são capazes de sobreviver ou mesmo ter ciclos completos de vida nessas condições. Muitos deles são bactérias capazes de formar esporos, formas especializadas de resistência que lhes permitem tolerar vários fatores inóspitos. Paralelamente, as pesquisas com micro-organismos extremófilos revelaram uma variedade de seres resistentes às mais diversas condições. Um exemplo disso é a bactéria *Deinococcus radiodurans*, excepcionalmente tolerante à dessecação – exposição a raios ultravioleta (UV) e até à radiação ionizante (como a presente em reatores nucleares).

LUGAR INÓSPITO A atmosfera, em comparação com a espessura da crosta terrestre, é uma camada finíssima de gás. Sem ela, a superfície seria completamente seca, variando entre muito quente e fria (abaixo de -20 °C) e incapaz de reter calor (como durante a noite) ou água líquida. Além da sua composição, sua dinâmica interna também é importante. Próximo ao solo, o ar é aquecido pela superfície exposta ao Sol, ficando menos denso e ascendendo na atmosfera. Com a altitude, a pressão cai, o que leva à expansão desse ar. Essa expansão consome o calor do ar, que resfria e fica relativamente mais denso, tendendo a voltar ao solo.

Esse processo, chamado convecção, mantém a parte mais baixa da atmosfera em constante mistura, com uma grande diferença de >>>

temperatura entre a parte baixa e quente e a parte alta e fria. Essa camada é chamada de troposfera, onde ocorrem praticamente todos os fenômenos climáticos a que estamos acostumados, como os ventos, nuvens e precipitação de chuva, neve ou gelo. Seu topo atinge temperaturas muito baixas (até -60°C) a uma altitude entre 10 e 15 km (no limite onde voam os aviões comerciais).

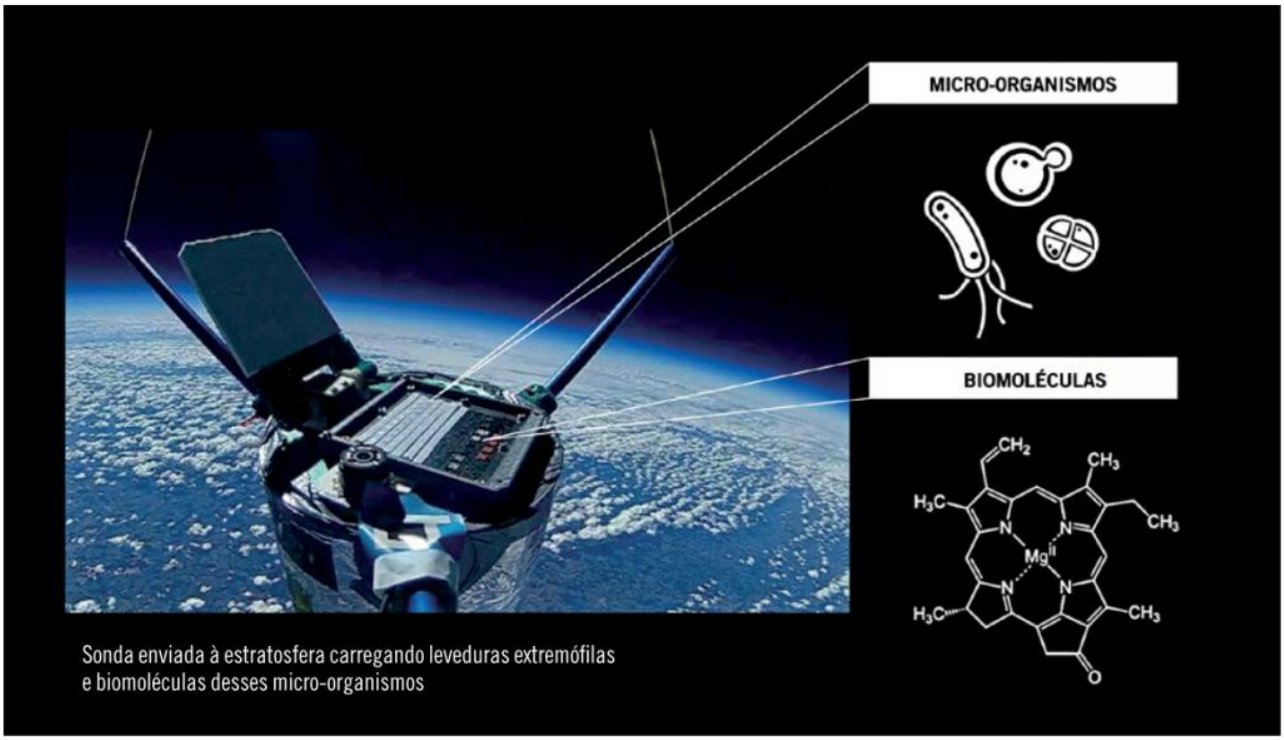
Acima dela, está outra camada, a estratosfera, que fica praticamente isolada de todos os processos turbulentos que ocorrem abaixo. Nela, a temperatura volta a subir de forma gradual até 50 km, mas ainda fica abaixo de 0°C. Um ambiente rarefeito, extremamente seco, frio e com alto índice de radiação UV, muito semelhante às condições hoje presentes em Marte (cuja atmosfera é cerca de 100 vezes mais tênue do que a do nosso planeta). Seria esta a barreira superior para a vida na Terra?

ALÉM DO LIMITE A busca pela vida em ambientes extremos leva os pesquisadores aos pontos mais remotos do globo, como ao continente antártico e a desertos escaldantes. Exemplos de região inóspita são os vulcões de grande altitude presentes na região do Atacama (Chile), o deserto mais seco do mundo. No gelado solo do vulcão Sairecabur, a quase 6 km de altitude, nosso grupo de pesquisa descobriu leveduras (fungos microscópicos) excepcionalmente resistentes a fatores como o frio e a luz UV. Isso foi inesperado, uma vez que, normalmente, organismos vivendo em ambientes tão extremos como esse são bactérias, como a *Deinococcus* ou as que formam esporos.

Leveduras têm estrutura celular muito mais complexa que a das bactérias (mais parecida com a das células humanas, na verdade!): são seres eucariotos, ou seja, têm núcleo celular separado por uma membrana e apresentam organelas. Os mecanismos associados a sua resistência ainda não foram muito bem estudados. Um fator que contribui para sua sobrevivência em ambientes extremos é a presença de pigmentos que protegem dos danos causados pela luz UV; entre eles, carotenoides (como os que dão cor à cenoura) e a melanina (mais escura, que pigmenta nossa pele e nossos cabelos). Curiosamente, algumas dessas leveduras não apresentavam nenhuma pigmentação aparente, o que indica adaptações em nível molecular ainda desconhecidas.

Um experimento realizado recentemente envolveu o lançamento desses micro-organismos extremófilos, em uma sonda, até a estratosfera, partindo da cidade de São Carlos (SP). A parte científica da missão foi coordenada por pesquisadores do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP) e do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, em Campinas (SP),

FOTOS: GRUPO ZENITH (EESC/USP) / ARTE: ANDRÉ ARASHIRO PULSCHEN (IQ/USP)



Sonda enviada à estratosfera carregando leveduras extremófilas e biomoléculas desses micro-organismos

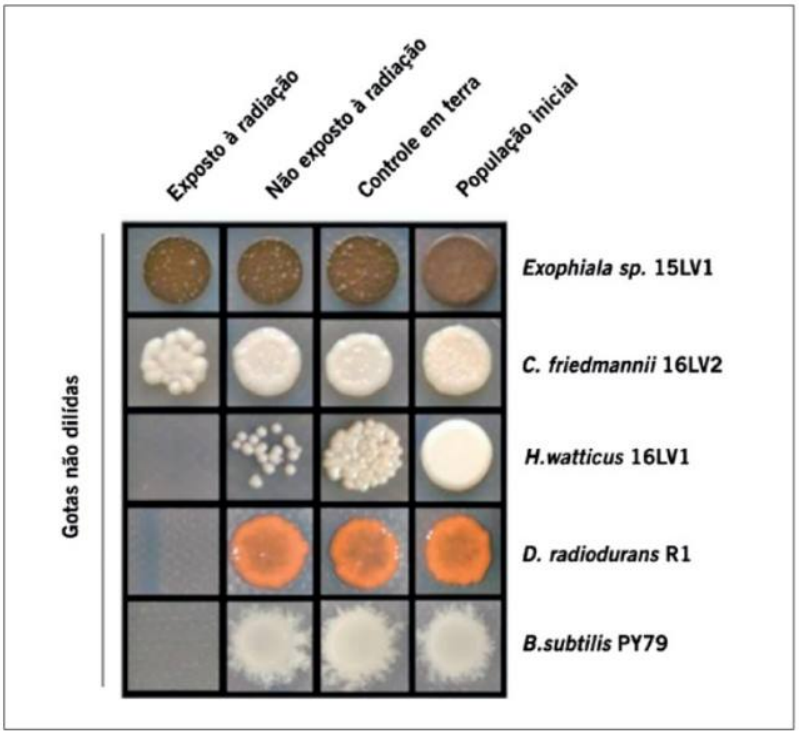


IMAGEM: ANDRÉ ARASHIRO PULSCHEN (IQ/USP) E GABRIEL GUARANY DE ARAUJO (BIOTEC/USP)

Gotas de 10 µl dos micro-organismos testados. As leveduras *C. friedmannii* e *Exophiala sp.* sobreviveram à exposição completa ao ambiente estratosférico

integrantes do Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia da USP. A sonda, desenvolvida pelo grupo Zenith, da Escola de Engenharia de São Carlos, da USP, foi carregada até grandes altitudes por um balão meteorológico preenchido com gás hélio.

Ao chegar à base da estratosfera, um sistema de acionamento automático abriu a comporta do recipiente em que os micro-organismos estavam guardados, mantendo-os expostos às condições severas pelo resto do voo. O balão subiu até cerca de 30 km de altitude, onde sua pressão interna finalmente o rompeu, liberando a sonda para voltar ao solo. Nesse processo de subida, o balão foi também arrastado pelo vento, percorrendo uma distância de 200 km a partir do ponto de lançamento. Na queda, um paraquedas acoplado foi aberto para permitir a recuperação das amostras de micro-organismos intactas.

Um sistema de posicionamento inserido na sonda foi utilizado para guiar sua busca, e levou os pesquisadores até São Sebastião da Grama, próximo à divisa com Minas Gerais. Na volta, a corrida foi até a cidade de São Paulo, onde as amostras tiveram de ser rapidamente processadas para poder avaliar a sobrevivência das células.

EXTREMÓFILOS EM MARTE Os resultados mostraram que os extremófilos testados foram capazes de sobreviver na alta atmosfera. Surpreendentemente, algumas leveduras do Atacama apresentaram resistência ao ambiente da estratosfera maior até do que a *Deinococcus* ou esporos de bactérias. Isso as coloca como fortes candidatas a sobreviver também em condições como as da superfície de Marte.

Além disso, foi testada, por técnicas espectroscópicas, a resistência de pigmentos biológicos presentes nos micro-organismos, como carotenoides e melaninas. Essas biomoléculas se mostraram praticamente indestrutíveis a essas condições extremas, o que indica que podem ser usadas como indícios a serem procurados durante futuras missões para busca de vida em Marte ou outros planetas.

Uma vez mais, aprendemos que os seres vivos são capazes de lidar com fatores de estresse muito grandes, o que aumenta nossa confiança sobre a possibilidade de vida em outros planetas do Sistema Solar ou mesmo fora dele. Aqui na Terra, aprendemos que os limites da vida vão muito mais alto do que imaginávamos.

Além de ampliar nosso conhecimento sobre a resistência da vida, experimentos na alta atmosfera, por meio de balões como o citado aqui, impulsionam o desenvolvimento da tecnologia espacial, ainda incipiente no Brasil. De baixo custo, a sonda desenvolvida para o experimento permite o acesso ao ambiente quase espacial, com possibilidade de aumentar nosso domínio sobre tecnologias de controle, monitoramento, comunicação e rastreio, que podem ser muito úteis para criar novas plataformas científicas e também para aplicações práticas, como sensoriamento remoto e meteorologia. No futuro, técnicas semelhantes poderão ser aplicadas a missões ainda mais ambiciosas, como equipamentos embarcados em nanossatélites, já planejados por nosso grupo de pesquisa. CH

UM SEXÓLOGO DO INÍCIO AO FIM



Meu encontro com os outros: Memórias de José de Albuquerque, pioneiro da sexologia no Brasil

Sérgio Carrara e Marcos Carvalho (Orgs.)
Rio de Janeiro, editora Fiocruz, 234 p., R$ 55

A partir de 1980, os testemunhos pessoais, de cunho particular e subjetivo, começaram a ser considerados como fontes históricas de primeira linha – o historiador francês Jacques Le Goff (1924-2014) foi pioneiro nessa direção, contribuindo para a renovação do gênero biográfico. É nessa chave de leitura que a editora Fiocruz lançou este livro, parte de uma coleção especial, dedicada a publicar fontes importantes para a história e historiografia das ciências, da medicina e da saúde. Nesse sentido, os organizadores chamam a atenção para o fato de que as *Memórias* (...) do autoproclamado sexólogo e andrologista José de Albuquerque (1904-1984) dão visibilidade às "sinuosidades e aos descaminhos históricos que culminaram no momento presente".

A obra é composta de maneira polifônica: começa com um prefácio de Pedro de Albuquerque que em nota afetiva fala da decisão de publicar o texto do pai. A ele segue uma apresentação de fôlego, que contextualiza os esforços de José de Albuquerque na institucionalização local das especialidades médicas em torno da questão sexual, no início do século 20. Apenas então vem o texto central, as *memórias* propriamente ditas. O fac-símile do livro *Quatro letras, cinco lustros*, de 1958, vem em seguida, acompanhado da transcrição da letra e melodia de *Ode ao sexo* e *Hymno à educação sexual*, também de autoria do doutor Albuquerque. Finaliza o conjunto documental um dossiê com fotos do personagem.

O centro do relato representa a trajetória profissional do médico, bem como sua campanha pela especialização da sexologia, andrologia e educação sexual. No entreguerras, a medicina local começara a se organizar em diversas especialidades de estilo mais tecnológico e tecnicista, ornado pelas teorias deterministas então em voga. Em meio a essas novas disciplinas, entretanto, circulavam outras especialidades pensadas como capazes de incluir o meio social no estudo do organismo. Entre elas, estavam a andrologia, a sexologia e a educação sexual.

Além de mostrar que Albuquerque tratava de um tema por si só delicado, por causa da repercussão pejorativa que as questões sexuais provocavam, o relato delineia um profissional comprometido com a cruzada contra a 'dupla moral civilizada' denunciada pelo psicanalista austríaco Sigmund Freud (1856-1939), em 1908, atraindo para si críticas severas por seu posicionamento a favor do divórcio e da emancipação feminina. Essa imagem justifica por que "além de controvertida, a carreira de José de Albuquerque foi bastante marginal no campo médico brasileiro, mesmo tendo ele conquistado certo prestígio no exterior" e mantido o Centro Brasileiro de Educação Sexual em funcionamento por décadas, como o fac-símile o demonstra.

Mas não é apenas das especialidades médicas que a obra trata. Recheado de reminiscências, o texto não só delineia a imagem de um homem estudioso, resiliente e dedicado a sua profissão, em constante diálogo e tensão com questões de sua época. Mais que isso, cumpre importante papel na tarefa de dar a ver a vida cotidiana correndo em meio às memórias.

No caso da infância de José, a narrativa media também o acesso a certos hábitos escolares, brincadeiras e leituras, deixando ver as escolas de meninos de classe média e alta no Rio de Janeiro na década de 1910.

A história das peripécias do jovem estudante para entrar na Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro, frequentada de 1919 a 1924, também se mostra muito elucidativa para compreender o percurso de tantos outros médicos do período que, como ele, haviam iniciado a faculdade de farmácia, uma vez que a entrada no curso permitia posterior transferência para o disputadíssimo curso de medicina. Além disso, seu relato dá visibilidade à socialização dos estudantes e internos na faculdade, oferecendo ao leitor novas informações sobre a sua estrutura, organização e hierarquias.

Com relação à trajetória profissional, suas memórias permitem acessar o exercício da clínica médica fora dos centros mais importantes do país. Assim, a ida de Albuquerque para o interior paulista a partir de 1925, e mesmo o retorno à capital na década de 1930 para trabalhar nas farmácias na zona norte carioca, permitem conhecer uma sociedade complexa e contraditória, em que práticas médicas disputam de perto com terapêuticas populares e farmácias pela prioridade de acesso aos enfermos. Ainda, junto ao relato, é possível perceber noções de saúde e doença; classificações e teorias médicas utilizadas na identificação e distinção de 'moléstias'; e itens utilizados na época para o tratamento dos enfermos.

É desse modo que o 'encontro com os outros de Albuquerque' produz um impacto especial no leitor. Este reside no paradoxo da união do que há de mais pessoal e subjetivo com o que o autor revela sobre seu lugar e seu tempo. É desse modo que as *Memórias* se encontram conosco, esses outros contemporâneos, oferecendo-nos um acesso privilegiado a modos de ser e viver na cidade do Rio de Janeiro na primeira metade do século 20.

Cristiana Facchinetti
Pós-graduação em História das Ciências e da Saúde, Casa de Oswaldo Cruz, Fiocruz

** Coordenadora da Rede Iberoamericana de Pesquisadores em História da Psicologia*

O (des)aprendizado de si: transexualidades, interação e cuidado em saúde

Rodrigo Borba

Rio de Janeiro, editora Fiocruz, 244 p., R$ 49

Após acompanhar por 13 meses candidatos a mudança de sexo em um hospital público do Rio de Janeiro, o linguista Rodrigo Borba, professor do Departamento de Letras Anglo-germânicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, encontrou um descompasso entre o que os serviços de saúde entendem como transexualidade e as diversas formas como as pessoas vivenciam suas identidades no cotidiano. Este livro é resultado dessa pesquisa – realizada durante o doutorado do autor –, que foi vencedora do Prêmio Capes de Tese 2015 na área de Letras e Linguística. Borba gravou consultas, fez entrevistas e registrou situações informais buscando entender o que se passava nas pessoas que desejavam se submeter ao processo 'transexualizador', que envolve, além de cirurgia, terapia com hormônios e mudanças corporais. Auxiliado por áreas como antropologia e saúde pública, mas sem perder o foco central do estudo, o autor contribui para uma compreensão mais larga e profunda dos fenômenos linguísticos, discursivos e simbólicos envolvidos nessa transformação corporal e identitária.



Siemens e o dínamo

1866 INVENTADO O DÍNAMO. O equipamento, que permitia gerar corrente elétrica contínua, foi o primeiro capaz de fornecer eletricidade na quantidade exigida para uso industrial. Seu autor foi um engenheiro militar alemão que se tornaria empresário bem-sucedido, político com visão social progressista e, ao final da vida, nobre.

GILDO MAGALHÃES DOS SANTOS FILHO
Departamento de História,
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas,
Universidade de São Paulo





O dínamo de Siemens. No destaque, o inventor, Werner Siemens

WIKIMEDIA COMMONS

ERNST WERNER VON SIEMENS nasceu perto de Hanover (Alemanha), em 1816. Ele se distinguiu como inventor e, especialmente, como aperfeiçoador de invenções feitas por outros, abrindo caminho para sua aplicação prática e difusão.

Foi marcante sua contribuição para que a energia elétrica se impusesse, por meio de geradores e motores, substituindo gradualmente as máquinas a vapor, abrindo, assim, uma nova fase da Revolução Industrial. Suas invenções nesse setor foram uma decorrência da descoberta da interação entre eletricidade e magnetismo (ou eletromagnetismo), resultado das experiências fundamentais do físico dinamarquês Hans C. Oersted (1777-1851), em 1817, de que a corrente elétrica produz magnetismo, e do britânico Michael Faraday (1791-1867), em 1831, de que o magnetismo em movimento produz eletricidade.

Aos 17 anos, Werner entrou para a Escola de Artilharia e Engenharia do exército prussiano, em Berlim, obtendo formação abrangente em ciências naturais. Lá, enquanto cumpria uma prisão disciplinar, montou, em sua cela, um laboratório de química e fez experiências que o levaram à sua primeira invenção em 1842: um processo de galvanização eletrolítica, aplicado especialmente para banhos de prata e ouro.

Sua nomeação para as oficinas de artilharia em Berlim lhe deu oportunidade de fazer novas pesquisas, interessando-se pelas

aplicações do telégrafo. Começou, então, com seu sócio e colaborador, o mecânico alemão Johann Halske (1814-1890), uma fábrica de telégrafos naquela cidade.

Renunciou ao serviço público em 1849, e a firma prosperou, conseguindo contratos para instalar linhas telegráficas em diversas regiões da Alemanha. Juntamente com seu irmão caçula, Karl Siemens (1829-1906), Werner abriu fábricas subsidiárias em Londres, São Petersburgo (Rússia), Viena e Paris, e teve sucesso ao instalar cabos telegráficos submarinos através do Mediterrâneo e da Europa à Índia.

GERADOR AUTOEXCITADO A ida para Londres de Wilhelm e Friedrich Siemens – dois outros irmãos de Werner – abriu caminho para a maior expansão dos negócios. Wilhelm investiu na siderurgia e inventou o bem-sucedido conversor Siemens, em 1861, além de persistir comercializando novas invenções de Werner, como um regulador cronométrico para máquinas a vapor; isolantes para cabos elétricos; equipamentos de segurança para o tráfego de trens ('sinalização ferroviária'); e um elevador movido a eletricidade.

A empresa londrina fazia ainda testes de cabos elétricos e produzia diversos instrumentos de medição elétrica – em 1874, instalou o cabo telegráfico submarino entre o Rio de Janeiro e Montevidéu. Entre os empreendimentos de Wilhelm, contam-se aperfeiçoamentos na iluminação por meio de lâmpadas de arco voltaico e as primeiras locomotivas elétricas.

Em 1866, Werner inventou um dínamo, tipo de gerador autoexcitado que podia dar partida com o magnetismo residual de seu forte eletroímã, em vez do pouco eficiente ímã de aço até então usado. O dínamo é um gerador que produz corrente contínua, usando um comutador, e foi o primeiro equipamento capaz de fornecer eletricidade na quantidade exigida para uso industrial. Foi baseado nele que se introduziram outros equipamentos conversores de energia, como o motor elétrico e o gerador de corrente alternada (alternador).

Como a maioria das invenções, não há um único inventor a quem se possa dar plena paternidade por sua descoberta. No caso do dínamo, praticamente na mesma época em que Werner Siemens apresentou sua invenção, resultados similares foram anunciados, independentemente, pelos britânicos Charles Wheatstone (1802-1875) e Alfred Varley (1832-1921). Mas Werner teve o mérito de associar o invento à produção industrial em larga escala, e os geradores e motores da marca Siemens se espalharam pelo mundo, sendo largamente comercializados – inclusive no Brasil.

Também em 1866, Werner Siemens se tornou deputado, alinhado com a socialdemocracia, e votou contra os aumentos do orçamento militar, que, no entanto, ocorreram e levaram à guerra contra a França em 1870, vencida pela Prússia. Deve-se mencionar também que Werner instituiu de forma pioneira a participação nos lucros para os operários de suas fábricas, atitude que seria, mais tarde, ampliada com a oferta de ações para os funcionários da empresa. Em 1872, instituiu um fundo de pensão para aposentadorias, viúvas e órfãos.

Outra medida social importante dele foi a introdução de uma semana de trabalho de 54 horas – à época, o usual eram 72 horas. De maneira geral, Werner manteve uma visão progressista sobre a ciência, acreditando que sua aplicação não devia resultar em riquezas detidas por um punhado de capitalistas sustentados por uma multidão de trabalhadores miseráveis. Para ele, os trabalhadores também deveriam receber benefícios econômicos gerados pela extensão dos conhecimentos científicos e do progresso material.

Do ponto de vista empresarial, considera-se importante sua campanha em prol da aprovação de uma lei de patentes na Alemanha em 1877, pois se argumentava que, até então, muitos inventores alemães preferiam patentear suas descobertas e transformá-las em produtos no exterior devido à falta de proteção ao invento naquele país, o que valia às manufaturas alemãs a fama de produtos ruins.

A firma Siemens logo se tornou um gigantesco conglomerado mundial, atuando nos campos de produção e uso da energia elétrica, das telecomunicações, dos eletrodomésticos e equipamentos para medicina, rivalizando com a General Electric, dos EUA, criação do também prolífico inventor norte-americano Thomas Edison (1847-1931).

Em 1885, Werner conseguiu implantar, em Berlim, o que é o atual PTB, conhecido instituto de pesquisas tecnológicas. Após ser agraciado em 1888 com um título de nobreza, Werner morreu naquela cidade em 1892. A unidade de condutividade elétrica do Sistema Internacional é denominada 'siemens' em sua homenagem. CH

EMBRIÕES DE FRONTEIRA I

Com relação à matéria publicada na CH *337 (Mundo de ciência), eu pergunto: quem hoje gostaria de ter sido o embrião usado nessas pesquisas, durassem elas 12, 13, 14 dias, ou mesmo um dia? Parece-me que se esquecem que estão lidando com a vida humana, propondo a quebra de limites estabelecidos. A vida começa na concepção!*

Isaias Bartolomeu Farias de Medeiros

Comentário na *CH On-line*

EMBRIÕES DE FRONTEIRA II

Um embrião não é uma vida. A vida começa com o surgimento de órgãos, como o coração e o cérebro. Pessoas com esse pensamento pobre e atrasado evitam avanços políticos e científicos; aliás, sociais. Moralismo e conservadorismo é um peso irracional que a sociedade carrega por alguns, mas que afeta todos.

Marisa Garcia

Comentário na *CH On-line*

EMBRIÕES DE FRONTEIRA III

Este feito é espetacular do ponto de vista científico e, se as nefastas religiões não atrapalharem mais do que já atrapalham a ciência, em breve entenderemos e trataremos doenças genéticas.

José Fernando Rodrigues Jr.,

Florianópolis/SC

VIDA DE CÃO

*Eu adorei o artigo 'Vida de cão' (*CH *338), pois não sabia que os animais silvestres foram manipulados para serem cachorros e que, além de bichos de estimação, eram ajudantes de caça e serviam para defender o ser humano.*

Nicholas Chang Wollmann,

Curitiba/PR

CIÊNCIA SEM FRONTEIRAS

Sou bióloga e, atualmente, pós-doutoranda nos Estados Unidos, para onde me mudei há quase dois anos. Gostaria de agradecer a iniciativa de disponibilizar a assinatura da revista Ciência Hoje *digital para os bolsistas do programa 'Ciências sem Fronteiras', por meio do qual fui beneficiada. Já conhecia as revistas* CH *e* CHC*, pois, assim como outros muitos professores, fui assinante de ambas quando dava aulas de ciências e biologia para o ensino fundamental e médio. Era meu material de apoio favorito em sala de aula, além de ter sido usado na elaboração de questões que preparei para 'vestibulinhos' e materiais didáticos. Gostaria também de me informar sobre oportunidades de contribuir ativamente para a revista. Sempre tive interesse em trabalhar com divulgação científica, e poder adquirir experiência na área por meio de veículos com o alcance e a credibilidade das revistas* CH/CHC *seria muito gratificante.*

Mariana Grizante, por correio eletrônico

CH *Agradecemos o interesse e informamos que nossas instruções para autores estão disponíveis no site: http://www.cienciahoje.org.br/site/instrucoesParaPublicar/.*

100 ANOS DA ABC

*Fico feliz em saber que nossa Academia Brasileira de Ciências teve uma origem tão nobre (*CH *338).*

Alipio Feitosa Marques,

Comentário na *CH On-line*

Envie para nós seu comentário sobre qualquer texto publicado na *Ciência Hoje*. Sua opinião é importante. As mensagens devem ser encaminhadas para a Seção Cartas, no endereço eletrônico abaixo.

cienciahoje@cienciahoje.org.br

Visite nossa LOJA VIRTUAL



O CONHECIMENTO EM UM CLIQUE!



Publicações para todos os gostos e idades!

| www.cienciahoje.org.br |

| http://lojavirtualich.org.br/ |

O MONSTRO E O ABRAÇO À BEIRA DO LAGO

IMAGINE UM CASAL À BEIRA DE UM LAGO, contemplando uma noite estrelada. Digamos que um deles estude astrofísica. Assim, ele (ou ela) saberá que, para além do céu plácido dos namorados, há regiões catastróficas, plenas de fenômenos violentos, ambientes pouco acolhedores a qualquer ser vivo. Por exemplo, em uma região bem pequena do céu, na galáxia Centauro A, pode-se observar, com radiotelescópios, um jato de matéria e radiação que se mantém coeso por quatro anos-luz, ou seja, 40 trilhões de quilômetros de extensão.

Que fonte de energia impulsiona um fenômeno assim, algo absolutamente superlativo a 12 milhões de anos-luz de nós?

No século 19, explicar a luminosidade do Sol era um problema, pois só se conhecia a gravidade como fonte de energia para os corpos celestes. À medida que a idade da Terra passou a ser conhecida com relativa precisão, estimativas muito inferiores para a idade do Sol feitas por físicos continuavam a causar controvérsias com os geólogos e os evolucionistas. Tal questão só foi resolvida no final da década de 1930, com base na hipótese da produção de energia nuclear no interior do Sol, o que garante a estabilidade dessa estrela por alguns bilhões de anos.



FOTO CICERO RODRIGUES

Hoje, consideramos a acreção como a fonte mais eficiente de energia no universo

Nas voltas que o mundo dá, os físicos deste século tiveram que recorrer de novo à gravidade para explicar a produção de energia dos objetos mais luminosos no céu – e, nesse caso, fontes nucleares são totalmente inadequadas.

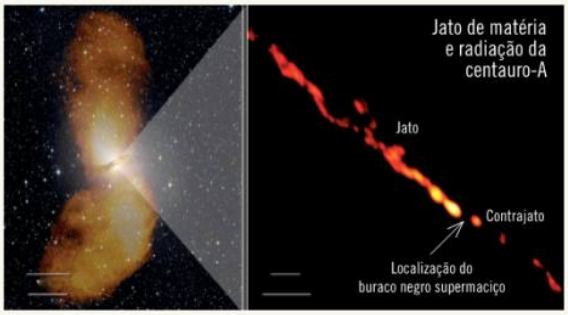
Sabemos hoje que é a conversão da energia gravitacional em radiação que está por trás de tais fenômenos extremos. Essa conversão, deflagrada e caracterizada pela captura de matéria, chama-se acreção, a qual ocorre, por exemplo, quando uma estrela 'suga' gravitacionalmente a matéria de sua vizinhança – meio interestelar, nuvens moleculares ou mesmo de outra estrela.

A luminosidade de acreção (a quantidade de energia por unidade de tempo produzida nesse processo) é diretamente proporcional à massa do objeto (estrela, buraco negro etc.) e inversamente proporcional ao seu raio. Portanto, quanto mais maciço e compacto for o objeto, mais forte será a luminosidade de acreção. Um cálculo simples mostra que, para uma estrela de nêutrons com massa igual à do Sol (ou seja, uma massa solar) e uns 10 km de raio, a eficiência de conversão de uma dada massa em energia é 20 vezes maior por acreção que por fusão nuclear – este último processo ocorre no interior das estrelas.

Hoje, consideramos a acreção como a fonte mais eficiente de energia no universo.

De todos os objetos celestes que se alimentam de acreção, sem dúvida o mais exótico e mais presente na mídia é o buraco negro. A recente detecção direta de ondas gravitacionais pelo experimento LIGO (ver *CH* 334) explicitou a existência desses corpos com massas dezenas de vezes maiores que a solar – mas há evidências de que existam alguns com 100 bilhões de massas solares no núcleo de galáxias ativas. Um buraco negro se forma quando a autogravidade faz uma quantidade de matéria colapsar para densidades tão altas que nem mesmo a luz consegue escapar do campo gravitacional dele.

E aqui voltamos ao nosso casal à beira do lago: se pudéssemos enxergar ondas de rádio, os dois poderiam ver uma enorme mancha brilhante – 20 vezes mais brilhante que a Lua! – na direção da galáxia Centauro. E um deles – aquele com conhecimento sobre astrofísica – saberia que, no centro daquele belo 'borrão' cósmico, habita um desses buracos negros supermaciços, o qual emite uma fração da matéria sugada na forma de jatos colossais de matéria e radiação.



E a imagem de tal monstro cósmico, talvez, fosse uma boa desculpa (e um bom cenário de fundo) para um abraço à beira do lago! CH

JOÃO TORRES DE MELLO NETO |
Instituto de Física,
Universidade Federal do Rio de Janeiro |
joaodemelloneto@cienciahoje.org.br

CONTANDO COM OS OUVIDOS

O FILÓSOFO E MATEMÁTICO alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) dizia que "Música é o prazer que a mente humana experimenta ao contar, sem perceber que está contando". De certa forma, Leibniz está se referindo ao fato de haver algum tipo de estrutura matemática na música, especialmente ligada à aritmética. Será que há mesmo? Ou é algo apenas metafórico?

A relação da música com a matemática data de muito tempo, voltando aos gregos. A escola pitagórica – liderada, claro, por Pitágoras (c. 570-c. 495 a.C.) – acreditava que o mundo era regido por números inteiros. Em particular, esses pensadores descobriram uma relação notável entre a harmonia musical e os números.

Diz a lenda que, ao passar perto da oficina de um ferreiro, Pitágoras teria notado que martelos que tivessem uma relação geométrica simples entre eles – por exemplo, um ser o dobro do tamanho do outro – apresentavam uma relação harmônica entre os sons que eles produziam. Aqui, entramos em um campo do conhecimento complicado: como nossos cérebros processam o som.

Som é uma vibração que se propaga no ar. O número de oscilações que essa vibração realiza por segundo é chamado frequência – por exemplo, a nota 'lá' corresponde a 440 vibrações por segundo (ou 440 hertz). Os pitagóricos perceberam que uma nota cuja frequência é o dobro de outra 'soava parecida'. Assim, um som de 880 hertz também seria percebido como uma nota lá. O intervalo entre esses dois 'lás' é chamado oitava.

Os pitagóricos também perceberam que notas musicais relacionadas por frações simples são particularmente agradáveis.

Mas, claro, são poucas as músicas que se podem fazer com uma nota só – nem mesmo o 'Samba de uma nota só', do compositor brasileiro Tom Jobim (1927-1994) é assim... Para isso, precisamos construir uma escala musical. E, agora, podemos entender como se constrói, matematicamente, a famosa escala dó-ré-mi-fá-sol-lá-si.

Inicialmente, começamos de uma vibração que chamaremos de dó, que tem certa frequência – não importa qual. Se multiplicarmos esse dó por 3/2, obteremos a nota sol – essa escolha é algo arbitrária: se tivéssemos escolhido 4/3 em vez de 3/2, criaríamos outra escala. Podemos construir uma série de notas, repetindo esse processo, multiplicando por 3/2. As frações obtidas são 9/4, 27/8, 81/16, 243/32.

Como as frações 27/8, 81/16 e 243/32 são maiores que 2, essas notas passaram do dó 'seguinte' (ou seja, dó uma oitava acima). O truque que podemos aplicar é dividir repetidamente essas frações por 2, até obtermos um número menor que 2, pois, assim, a nota 'voltará' ao intervalo entre os dois dós (o inicial e o oitava acima). As frações que obtemos são 27/16, 81/64 e 243/128. Ordenando-as numericamente, obtemos 1 (dó inicial), 9/8, 81/64, 3/2, 27/16 e 243/128.

A escala está quase completa. Ao escutar notas com essas frequências, o intervalo entre 81/64 e 3/2 parece mais espaçado que aquele entre os das outras notas. Seguindo as ideias pitagóricas, notamos que há uma fração simples entre esses intervalos: 4/3. Juntando à série essa nova fração, ficamos, então, com 1 (dó), 9/8 (ré), 81/64 (mi), 4/3 (fá), 3/2 (sol), 27/16 (lá) e 243/128 (si), as frequências da escala musical usada na música ocidental.

Leibniz estava certo, então. A matemática adiciona (com trocadilho) beleza à música. CH



FOTO: CICERO RODRIGUES

DESAFIO

Quais eram os intervalos entre as notas antes de termos introduzido o fá? Era tão espaçado assim?

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Surpreendentemente, 0! deve ser definido valendo 1, para que a fórmula que encontramos valha em todos os casos. Por exemplo, quantos grupos de 5 alunos podemos fazer em uma turma de 5 alunos? Apenas 1 (que é a turma toda). Por nossa fórmula, obtemos C (5, 5) = 5!/5!0!, que, para ser igual a 1, deve necessariamente ter 0! = 1.

MARCO MORICONI | Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense | moriconi@cienciahoje.org.br

Ciência combina com educação!

Doe uma assinatura

para uma escola ou projeto apoiado pelo Instituto Ciência Hoje

e ganhe uma assinatura digital.





Ligue: 0800 727 8999

Visite nossa loja ► http://lojavirtualich.org.br

criatividade e inovação
FEBRACE
feira brasileira de ciências e engenharia

PROFESSORES E ESTUDANTES DE TODO O BRASIL

SE VOCÊ TEM UM PROJETO CRIATIVO, PARTICIPE DA FEBRACE!

PODEM PARTICIPAR DA **FEIRA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA** PROJETOS
COM FUNDAMENTO CIENTÍFICO NAS ÁREAS DE **EXATAS, BIOLÓGICAS, HUMANAS E ENGENHARIAS**

Inscreva seu projeto até

31 de outubro de 2016

através do site:
www.febrace.org.br/submeter



A mostra de projetos finalistas ocorrerá nos dias

21, 22 e 23 de março de 2017

E você ainda tem a chance de representar o Brasil na **feira internacional Intel ISEF**, nos Estados Unidos!

Acompanhe a FEBRACE: www.febrace.org.br

ORGANIZAÇÃO / REALIZAÇÃO

LSI TEC · LSI · POLI USP · USP