

CIÊNCIA HOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA SBPC | NÚMERO 316 | VOLUME 53 | JULHO 2014 | R\$ 10,95



MICRÓBIOS AMIGOS

Bactérias que habitam nosso corpo são cruciais em variados processos

LIÇÕES DA ANTA

Nova espécie indica que cientistas devem valorizar conhecimento popular

sobreCultura

A intervenção dos intelectuais na agenda política argentina

Os genes no esporte

Da busca por melhor desempenho ao *doping* genético



Ligue para 0300 789 2510
e saiba como fazer a diferença.

GREENPEACE

O transporte não motorizado
pode ser tão atrativo quanto um carro.
É só a gente cobrar.

#CADÊ? o plano de
mobilidade
urbana
greenpeace.org.br/cade

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE | Sociedade civil sem fins lucrativos vinculada à Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. 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) e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ISSN: 0101-8515

DIRETORIA

Diretor Presidente | Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF)
Diretores Adjuntos | Caio Lewenkopf (Instituto de Física/UFRJ) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ)
Superintendente Executiva | Elisabete Pinto Guedes
Superintendente Financeira | Lindalva Gurfield

CIÊNCIA HOJE | SBPC

Editores Científicos | Ciências Humanas e Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (Departamento de Sociologia e Política/PUC-Rio) e Ricardo Benzaquen de Araujo (Departamento de História/PUC-Rio) | Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/UFRJ) | Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) | Ciências Biológicas – Andrea T. Da Poian (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ)

REDAÇÃO

Editora Executiva | Alicia Ivanissevich; **Editora Assistente** | Thais Fernandes; **Editor de Forma e Linguagem** | Cássio Leite Vieira; **Editor de Texto** | Ricardo Menandro; **Setor Internacional** | Cássio Leite Vieira; **Repórteres** | Henrique Kugler, Marcelo Garcia e Sofia Moutinho. **Estagiários** | Gabriel Toscano, Isabelle Carvalho, Isadora Vilarde e Lucas Lucariny; **Revisoras** | Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** | Theresa Coelho

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

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

SUL | Curitiba | Correspondente | Roberto Barros de Carvalho (chsul@ufpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê. CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (41) 3313-2038. Apoio: Universidade Federal do Paraná

SÃO PAULO | Correspondente | Vera Rita da Costa (verarita@cienciahoje.org.br). Tel.: (13) 99756-0848 e (13) 3329-4803.

PROJETOS EDUCACIONAIS E COMERCIAL | **Superintendente** | Ricardo Madeira; **Publicidade** | Sandra Soares (gerente). End.: Rua Dr. Fabricio 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

BRÁSILIA | Joaquim Barroncas – Tels.: (61) 3328-8046/9972-0741.

PRODUÇÃO | Maria Elisa C. Santos; Irani Fuentes de Araujo

RECURSOS HUMANOS | Luiz Tito de Santana

EXPEDIÇÃO | Gerente | Adalgisa Bahri

IMPRESSÃO | EDIGRAFICA

DISTRIBUIÇÃO | FC Comercial e Distribuidora S/A

CIÊNCIA HOJE | Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (21) 2109-8999 – Fax: (21) 2541-5342 | Redação (cienciahoje@cienciahoje.org.br)

A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, fundada em 1948, é uma entidade civil sem fins lucrativos, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país. **Sede nacional:** Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP. Tel.: (11) 3355-2130.



APOIO:



ATLETAS POR NATUREZA?

O que caracteriza os chamados ‘fenômenos’ do esporte? Por que um determinado atleta se torna campeão olímpico e outro vira ídolo das torcidas de futebol? A ciência tem tentado responder essas perguntas buscando na genética uma explicação para certas pessoas apresentarem um desempenho destacado em modalidades específicas. Teriam esses craques um perfil genético privilegiado?

A partir de uma pequena amostra de sangue, é possível fazer um rastreamento genético de um indivíduo, ou seja, mapear todos os seus genes – seu genoma. Com o avanço da tecnologia, já se pode, inclusive, conhecer melhor a relação entre a genética e a capacidade de aprimorar o desempenho com o treinamento físico. As pessoas que melhor respondem a exercícios seriam, portanto, propensas a se destacar em esportes de alto rendimento.

A procura por perfis genéticos de talentos esportivos, porém, deve ser feita com cautela. É bom lembrar que o surgimento de um grande atleta não depende apenas da genética. Por outro lado, a pesquisa voltada para identificar craques pode ser usada para fins ilícitos, como nos casos do *doping* genético, com vistas a aumentar o rendimento físico. Quem será o fiel da balança?

Não ignoremos que atletas ‘transgênicos’ podem estar circulando por aí e que os testes atuais ainda não incorporaram métodos para detectar esses transgressores do mundo esportivo.



CAPA: FOTO LEANDRO KENJI SATO/REVO PRODUÇÕES

A redação

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 TELFAX: **11 3539-2000** | cienciasp@cienciahoje.org.br

CH ON-LINE	3	
O LEITOR PERGUNTA	4	Como um solo pouco fértil como o da floresta amazônica pode servir de base para uma mata tão rica? Os cometas nunca param de vagar pelo espaço? Como explicar os terremotos em Minas Gerais se o Brasil está no meio de uma placa tectônica?
ENTREVISTA	6	DAVID CASSIDY A ENCENAÇÃO DA BOMBA Historiador da ciência fala de sua peça teatral sobre projetos atômicos nazistas
EXATAMENTE	9	QUAIS SÃO OS LIMITES DA CIÊNCIA? Conhecimento humano sobre a natureza nunca será completo
MUNDO DE CIÊNCIA	10	

DA LEITURA DO DNA AO DOPING GENÉTICO **16**

Controle de genes associados ao desempenho esportivo pode gerar atletas melhores, mas abre caminho para usos ilegais
 Por *Rodrigo Gonçalves Dias*



NA CONTRAMÃO DA CONSERVAÇÃO **22**

Animais atropelados na BR-262 compõem cenário dramático, que inclui várias espécies brasileiras ameaçadas de extinção
 Por *Helbert Medeiros Prado*

A MICROBIOTA HUMANA **26**

Bactérias que hospedamos no intestino participam de diversos processos orgânicos e trazem importantes benefícios à saúde
 Por *Luis Caetano Martha Antunes*

DO RISCO DE EXTINÇÃO À INVASÃO **30**

Espécies nativas de um local também podem ser invasoras, como mostra o exemplo da aroeira em alguns locais do país
 Por *Flávia M. da Silva Carmo, France M. Gontijo Coelho, Helder R. Freitas, Carlos F. Sperber e Og de Souza*



POR QUE ENVELHECEMOS? **34**

Modelo computacional baseado no acúmulo de mutações ajuda a explicar diferentes aspectos do processo de envelhecimento
 Por *Thadeu Penna*

A PROPÓSITO	15	A CULPA É SÓ DOS PAIS? Experimento confirma transmissão a descendentes de caracteres adquiridos
LINHA DO TEMPO	39	O IMPÉRIO PORTUGUÊS Embora com poucos recursos, Portugal dominou boa parte do mundo
EM DIA	40	FORÇAS DO MAR Novas tecnologias poderão em breve ampliar uso da energia de ondas e marés
	43	RÁPIDO E EFICAZ Brasileiros criam teste mais rápido e sensível para diagnosticar hepatite C
	44	BIOFÁBRICAS NACIONAIS A PLENO VAPOR País tem tecnologia para produzir teias sintéticas e outros produtos
	46	MATA NATIVA: RECUPERAÇÃO BEM-SUCEDIDA Projeto conserva espécies vegetais da serra do Cipó
	48	LIGAÇÃO INSTIGANTE Estudo sugere possível relação entre coágulos sanguíneos e esquizofrenia
CIDADE INTEIRA	53	VITÓRIA DA COPA Evento esportivo potencializa esforços e recursos para cidades
OPINIÃO	54	UMA ANTA PODE ENSINAR CIENTISTAS? Descoberta de espécie mostra valor do conhecimento popular
ENSAIO	56	AUTOFAGIA: UM ACHADO IMPORTANTE Limpeza interna das células está ligada a envelhecimento e câncer
MEMÓRIA	58	A INVENÇÃO DO LOGARITMO Napier publicou há 400 anos livro com as primeiras tábuas logarítmicas
RESENHA	60	ABAIXO DA CRÍTICA Resenha do livro <i>A batalha do autismo – Da clínica à política</i> , de Éric Laurent
CARTAS	62	
QUAL O PROBLEMA	63	A BRAZUCA É UM CUBO A curiosa propriedade matemática na bola da Copa do Mundo
SOBREHUMANOS	64	POLÍTICA E EVENTOS EXTREMOS Qualidade de vida no futuro exige debate, hoje, da questão ambiental

ENTREVISTA

GALERIA

INSTITUTO CH

VIDEO



MIR

MEDICINA > Nocauteando doenças

Em entrevista à *CH On-line*, o geneticista Francis Collins, diretor do NIH, maior órgão financiador de pesquisas em saúde do mundo, fala dos desafios da área, das parcerias com o Brasil e da estratégia de se aproximar da indústria farmacêutica para desenvolver novos tratamentos.

> <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias>



JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY/NOAA/ESA

COLUNAS > <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas>

CIÊNCIAS AMBIENTAIS > Previsões nada otimistas

Jean Remy Guimarães destaca estudos recém-divulgados que mostram impactos negativos do aquecimento global, como o derretimento de geleiras na Antártida e mudanças em ciclones que poderão resultar em mais secas na região tropical.

BÚSSOLA > <http://cienciahoje.uol.com.br/blogues/bussola>

ASTRONOMIA > Segunda chance

O telescópio espacial Kepler, que enguiçou no ano passado, volta à ativa em nova missão, com participação de astrônomo brasileiro.



MIR

ALÔ, PROFESSOR > <http://cienciahoje.uol.com.br/alo-professor>

INFORMÁTICA > Computação para os pequenos

Tendência norte-americana de incluir programação nas séries iniciais de ensino começa a chegar ao Brasil. Mas críticos apontam que, por trás da necessidade de desenvolver habilidades cognitivas e lógicas, escondem-se interesses menos nobres.



LEONARDO AUGUSTO MATESSON FLORES - CC BY-NC 2.0

NOTÍCIAS > <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias>

SAÚDE PÚBLICA > Nascer: um verdadeiro parto

Maior pesquisa já feita sobre gestações no Brasil revela que 52% dos nascimentos se dão por cesariana. O estudo expõe um modelo de atendimento médico excessivamente intervencionista e que não leva em conta o bem-estar da mãe e do bebê.



RODOLFO TOMAZELLI FLORES - CC BY-NC-SA 2.0

e muito mais >>>

Acompanhe a *CH On-line* também no

facebook

twitter

YouTube

tumblr

del.icio.us

DANIELA PINHEIRO,
POR CORREIO ELETRÔNICO

Como um solo pouco fértil como o da floresta amazônica pode servir de base para uma mata tão rica?

FERTILIDADE É UM TERMO AMPLO; portanto, vamos tratar aqui fertilidade como disponibilidade de nutrientes. É um fato: a maioria dos solos da Amazônia apresenta baixa fertilidade natural. Muitos atribuem essa característica à textura arenosa dos solos da região. Mas, na verdade, a grande maioria dos solos da floresta apresenta texturas que variam de média a muito argilosa, podendo alguns atingir grandes quantidades de argila, o que contribui para manter uma reserva satisfatória de nutrientes que, aos poucos, podem ser disponibilizados para as plantas.

Apesar da baixa disponibilidade de nutrientes nos solos da Amazônia, as espécies de lá apresentam elevada eficiência nutricional, são capazes de converter pequenas quantidades de nutrientes em elevada produção de biomassa. Soma-se a isso a capacidade que as espécies têm

de desenvolver mecanismos que facilitam a absorção de nutrientes, mesmo quando eles estão em baixa disponibilidade.

Como exemplo, podemos citar a associação simbiótica que as plantas estabelecem com bactérias capazes de fixar nitrogênio, o que possibilita o seu desenvolvimento mesmo em solos pobres de nutrientes. Outra importante associação ocorre entre plantas e fungos, a chamada simbiose micorrízica, que garante à planta o suprimento de nutrientes.

Alguns autores sugerem que a maioria das espécies vegetais se encontra associada a determinados fungos de solo e que a evolução e a sucessão de plantas terrestres são dependentes dessa simbiose.

Antonio Rodrigues Fernandes
PROFESSOR DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS,
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

FOTO DE KACHERA WOLFGANG / SUPERSTOCK / GLOW IMAGES

TAIQUE ARLOTI, VIA FACEBOOK

Os cometas nunca param de vagar pelo espaço?

OS COMETAS SÃO IMENSOS blocos de gelo e poeira que se aglutinaram na época em que se formou o sistema solar.

Eles se movem ao redor do Sol, exatamente como a Terra. A diferença é que nosso planeta, assim como todos os demais, permanece a uma distância aproximadamente constante do Sol, enquanto os cometas têm órbitas extensas, cujas partes mais distantes podem estar nos confins do sistema solar e que podem levar centenas ou até milhares de anos para serem percorridas.

Seu movimento, como o movimento da Terra, não para nunca. Enquanto o cometa existir, ele ficará nesse vaivém entre o espaço remoto e a proximidade do Sol – mas ele pode ser destruído nesse processo. O gelo, que age como uma espécie de cimento responsável por manter o cometa unido, começa a se transformar em vapor quando se aproxima do Sol e forma, junto com a poeira, a cauda do cometa, um belo espetáculo. Se a deterioração for muito grande, o cometa começa a diminuir de tamanho e acaba por

se fragmentar e desintegrar – como ocorreu, por exemplo, com o Ison, que passou nas cercanias da Terra no início do ano.

Outra forma de interromper o movimento de um cometa é, obviamente, um choque contra algum outro corpo celeste. Esses processos catastróficos sempre existiram. No início do sistema solar, quando havia muita desordem por aqui, a grande força gravitacional dos novos planetas em formação – em especial do gigantesco Júpiter – fez com que muitos desses blocos fossem expelidos de forma violenta para os confins do sistema, caíssem no Sol ou colidissem com os próprios planetas. Existe, inclusive, a hipótese de que uma parte importante da água da Terra tenha vindo de cometas.

Há poucos anos foi observada a queda de um cometa em Júpiter, o SL9, e ainda em 2014 teremos a passagem 'de raspão' do cometa C/2013 A1 por Marte. Há de se destacar que cometas provavelmente não existem apenas em nosso sistema solar: há observações atribuídas, por exemplo, à possível queda maciça de cometas no 'sol' de outros sistemas, como no formado pela estrela Beta Pictoris.

Sylvio Ferraz Mello

INSTITUTO DE ASTRONOMIA GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS,
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

LUCIA SANTOS,
POR CORREIO ELETRÔNICO

Como explicar os terremotos em Minas Gerais se o Brasil está no meio de uma placa tectônica?

Imagine a Terra como um ovo: ela tem uma casca (a crosta terrestre), uma faixa macia (o manto) e um núcleo sólido. Essa casca é composta por placas rígidas, as placas tectônicas, que se empurram umas contra as outras devido ao movimento de convecção do 'líquido interior' da Terra, o magma.

Há 14 placas tectônicas principais na crosta terrestre, formadas há milhões de anos e que continuam em movimento de colisão ou de afastamento entre si. As colisões provocam uma compressão contínua nas placas que pode gerar a quebra ou a movimentação brusca de seus limites, causando terremotos. A maioria dos terremotos ocorre nessas regiões de limites de placas, mas nem todos.

A compressão pode se estender por toda a placa tectônica e encontrar regiões de fraqueza (falhas ou fraturas) que podem ser reativadas e gerar tremores de terra. Esse é, provavelmente, o caso de Montes Claros, em Minas Gerais. A placa sul-americana, onde está localizado o Brasil, apresenta muitas fraturas.

Estudos feitos pelo Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB) e pela Universidade de São Paulo (USP) têm mostrado que a região de Montes Claros (MG), onde recentemente ocorreram tremores, contém uma importante falha geológica. Análises preliminares indicam se tratar de uma 'falha de empurrão', causada por tensões geológicas naturais do tipo compressão de direção leste-oeste. Os tremores na região têm origem em profundidades entre 1 km e 2 km aproximadamente e se originam em camadas de rochas cristalinas da parte superior da crosta, abaixo da camada de calcário.

George Sand França

OBSERVATÓRIO SISMOLÓGICO, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Falha de San Andreas,
na Califórnia

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

DAVID C. CASSIDY

A ENCENAÇÃO DA BOMBA

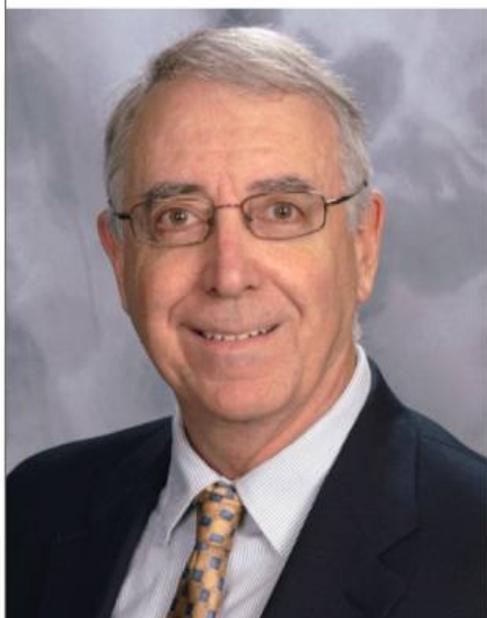
Em 3 de julho de 1945, 10 cientistas alemães capturados pelos Aliados tornam-se cativos em Farm Hall, casa de campo perto de Cambridge (Reino Unido). Não sabem, mas suas conversas estão sendo gravadas. Lá, cerca de um mês depois, ouvem, pelo rádio, o lançamento das bombas atômicas sobre o Japão. A reação deles a esses eventos é o mote da recém-lançada peça *Farm Hall*, do norte-americano David C. Cassidy, um dos mais renomados historiadores da ciência da atualidade e autor de uma biografia clássica (*Uncertainty*, 1993) do físico alemão Werner Heisenberg, Nobel de 1932.

Catedrático da Universidade Hofstra (EUA), Cassidy escolheu como personagens apenas cinco dos cativos: os teóricos Heisenberg (1901-1976) e Carl Friderich von Weizsäcker (1912-2007), e os experimentais Walther Gerlach (1889-1979), Kurt Diebner (1905-1964) e Otto Hahn (1879-1968). Três outras personagens (um físico, um militar e uma mulher) têm papéis complementares. Com a peça, Cassidy discute ciência, ideologia, colaboração com o Estado, conflito de classes e programa nuclear alemão no regime nazista.

Este mês, *Farm Hall* – a cujo roteiro a *CH* teve acesso exclusivo – será apresentada na cidade de Nova York (EUA), em um festival internacional de teatro. E este ano, estará em Santiago (Chile) e na Cidade do México – e bem que poderia ser montada no Brasil.

ANTONIO AUGUSTO PASSOS VIDEIRA | DEPARTAMENTO DE FILOSOFIA,
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

CÁSSIO LEITE VIEIRA | CIÊNCIA HOJE | RJ



ARQUIVO PESSOA

As gravações feitas em Farm Hall se tornaram públicas em 1992. Por que o senhor decidiu escrever uma peça sobre o tema mais de 20 anos depois? De imediato, reconheci a possibilidade de uma peça naquele material, mas, ao mesmo tempo, fui atraído pelas controvérsias históricas relativas àqueles relatórios. E, depois, veio [a peça] *Copenhagen*, d[o britânico] Michael Frayn, [que também tem como tema a bomba atômica]. Cerca de 15 anos mais tarde, ninguém havia criado uma peça sobre o assunto. Em 2007, um colega sugeriu que eu deveria me incumbir dessa tarefa. E, como eu estava entre um projeto e outro, decidi aceitar o desafio, e o resultado é *Farm Hall*.

O que foi mais difícil? Construir as personagens ou ter que escolher – ou excluir – conceitos científicos? Já que esta é minha primeira peça, todos os aspectos foram difíceis para mim. Ela foi escrita para o grande público; então, não pude entrar em aspectos técnicos da física. Mesmo assim, fui capaz de apresentar uma boa dose de física em uma forma acessível para não físicos.

Como foi o conflito entre o historiador da ciência e o escritor? Esse foi um aspecto muito difícil da peça. Ao final, percebi que escrever uma peça e escrever sobre história da ciência são gêneros muito diferentes. Cada um tem seus objetivos, requisitos e seu público. Como um ator me disse: “É teatro, e não história!”

Por que o senhor escolheu aquelas cinco personagens entre as 10 pessoas cativas? Eu não poderia administrar 10 personagens em uma peça curta; então, eu as reduzi a cinco figuras-chave – algumas com características das que foram deixadas de fora. As cinco escolhidas estavam envolvidas com os principais assuntos que eu queria apresentar na peça. Além disso, uma peça requer tensão e conflito, e eu escolhi aquelas cinco para esse propósito. As personagens se dividem em duas facções, representando dois esforços diferentes [na tentativa de avançar] na fissão [divisão do núcleo atômico]: Heisenberg e Weizsäcker *versus* Gerlach e Diebner. Hahn é uma figura independente, como o foi na vida real. Rittner, o [militar] supervisor britânico, posiciona-se acima de todas elas.

A peça parece propositalmente não responder a uma questão crucial: o programa nuclear nazista foi deliberadamente sabotado por cientistas alemães? Acho que está bem claro que eles não sabotaram o projeto, apesar de Heisenberg ter dito que ele “não estava 100% ansioso para fazer isso”. Em vez disso, as personagens indicam que o projeto falhou por várias razões: porque elas não puderam trabalhar em conjunto; as teorias de Heisenberg fizeram a bomba parecer algo distante, fora do alcance; o bombardeio de cidades e fábricas interrompeu o trabalho deles; a quantidade limitada de água pesada [que absorve a energia gerada pela fissão] atrasou a pesquisa deles; a baixa posição deles na política científica do Terceiro Reich.

Na peça, as falas de Heisenberg fazem-no parecer dúbio, e isso reforça rumores sobre o papel que ele haveria desempenhado nos 12 anos do regime nazista. Qual foi a verdadeira relação dele com o Estado e a ideologia nazistas? Ele foi uma figura contraditória, como foi a maioria dos acadêmicos não nazistas, incluindo aqueles [na peça] *Farm*

A FRAGMENTAÇÃO FOI UMA CARACTERÍSTICA DA DITADURA NAZISTA. NÃO FOI UM SISTEMA UNIFICADO, MAS, PREFERENCIALMENTE, UMA REUNIÃO DE CENTROS DE PODER QUE COMPETIAM ENTRE SI

Hall – exceção, talvez, para Diebner. Vemos [na peça] que Heisenberg não era membro do partido e que tentou trabalhar com o sistema para salvar a ciência e os cientistas da Alemanha. Mas foi sufocado pela ditadura e, no final, falhou no âmbito pessoal e profissional.

Diz-se que, depois de escutar em Farm Hall sobre a bomba atômica, Heisenberg teria mudado sua versão sobre a chamada massa crítica de urânio [quantidade necessária para construir uma bomba], tornando pública a versão de que ele teria, de propósito, calculado erroneamente a massa crítica para evitar que a bomba fosse construída pelos nazistas. Qual sua opinião sobre isso? Na peça, a parte que trata desse cálculo equivocado teve como base as transcrições de Farm Hall relativas ao dia seguinte à primeira bomba atômica. Não há indicação de que Heisenberg tenha errado de propósito. Após a segunda bomba, ele retomou os cálculos, e, dessa vez, ele os fez corretamente e mostrou o resultado aos colegas em Farm Hall. A controvérsia pública depois da guerra foi sobre o porquê de ele ter cometido o primeiro erro. Teria sido incompetência? Ou ele teria feito os cálculos corretos antes, mas quis escondê-los, para sabotar o projeto? Historicamente, não há evidência dessa sabotagem. Além disso, sabotagem não é consistente com o trabalho, o comportamento e a personalidade dele no período de pré-guerra e nos anos do Terceiro Reich.

As falas de Diebner parecem fazer dele uma ‘voz não hipócrita’ em relação ao propósito do Estado nazista em construir a bomba. Ele parece ser um elemento de tensão entre cientistas da elite e da ‘classe trabalhadora’, entre teoria e experimento. Qual foi a intenção do senhor em incluir Diebner na peça? Vocês estão completamente certos. Foi justamente esse meu propósito. Como eu disse, peças requerem tensão e conflito. Um Diebner menos hipócrita não apenas oferece uma perspectiva alternativa sobre os eventos, mas ajuda a revelar e refutar qualquer hipocrisia e autopromoção dos cientistas mais elitistas.

>>>

HISTORICAMENTE, NÃO HÁ EVIDÊNCIA DE QUE HEISENBERG TENHA SABOTADO O PROJETO

Sua peça dá à audiência a impressão de que os cientistas na Alemanha não foram capazes de construir a bomba porque a ciência alemã estava fragmentada – um exemplo disso são os dois programas nucleares que competiam entre si. Essa é uma interpretação correta? Sim, essa foi uma das principais razões para o fracasso. Na verdade, havia nove projetos, mas os de Heisenberg e de Diebner eram os principais. Como Gerlach diz na peça, ele permitiu que esses dois projetos competissem, na esperança de que pelo menos um obtivesse sucesso. Várias outras razões para o fracasso foram citadas em minha resposta anterior. Eu gostaria de enfatizar que a fragmentação foi uma característica da ditadura nazista. Não foi um sistema unificado, mas, preferencialmente, uma reunião de centros de poder que competiam entre si. Isso fica refletido nos nove projetos. Um deles era dirigido pela Agência Alemã de Correios!

Que lição poderia ser aprendida pelos cientistas com base nos eventos em Farm Hall? Há, provavelmente, muitas lições em relação ao trabalho científico e à administração [da ciência]. Talvez, a maior delas seja que os cientistas dos dois lados da guerra e, desde então, sob [a tutela] de diferentes tipos de governo, têm, de bom grado, trabalhado para seus governos para construir armas nucleares. Construir esses artefatos para reis é uma tradição antiga, que remonta a Arquimedes, Galileu e outros. Mas, depois das armas químicas da Primeira Guerra e das nucleares da Segunda, muitos cientistas se tornaram mais conscientes de que 'conhecimento é poder' e de que têm a responsabilidade moral de encorajar o uso desse conhecimento não só no interesse de seus próprios países, mas no de toda a humanidade.

Para finalizar, em sua opinião, há alguma diferença entre o modo como se faz história da ciência hoje, comparado com a maneira com que ela era feita quando o senhor começou sua carreira? Quando comecei minha carreira, na década de 1970, a história da física e, mais amplamente, a história da ciência eram ainda disciplinas menores e em desenvolvimento, com muitas áreas ainda por pesquisar. Naquela época, como um novato na profissão, eu estava entusiasmado por ser o primeiro a estudar alguma documentação básica e papéis relativos à história [da física] quântica, Heisenberg e outros tópicos. Hoje, o campo está maduro e reúne muitos pesquisadores. Com isso, o trabalho tem se tornado mais focado, técnico e interdisciplinar. 

POR QUE

DIVULGAR CIÊNCIA PARA
A SOCIEDADE?

COMO

TRANSMITIR CONCEITOS
DIFÍCEIS DE FORMA SIMPLES?

Neste Pequeno Manual, você encontra dicas de como escrever e falar sobre ciência com rigor e simplicidade.

PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR

0800 727 8999

WWW.CIENCIAHOJE.ORG.BR

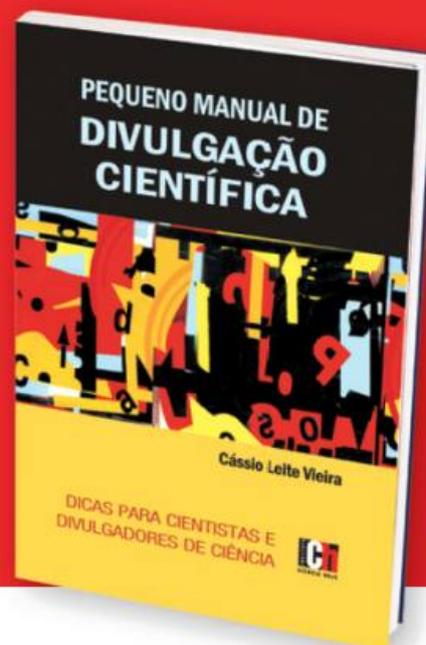




FOTO: CECÉRO RODRIGUES

Entre todas as lições que a ciência tem nos dado, a maior delas é a de humildade

QUAIS SÃO OS LIMITES DA CIÊNCIA?

Os feitos científicos dos últimos anos são tão impressionantes que nos levam à pergunta: será que um dia saberemos tudo sobre tudo? Sabemos que o universo surgiu há quase 14 bilhões de anos, a partir de um estado singular denominado *Big Bang*, incrivelmente quente e denso, mas nada sabemos sobre a física do momento da criação em si, se havia algo 'antes' do *Big Bang* ou mesmo 'por que' o universo surgiu.

Talvez, a solução dessas questões – e de muitas outras – esteja relacionada com uma pergunta ainda mais profunda: existe uma teoria final que descreva todos os fenômenos da natureza com precisão arbitrária, ou será que a melhoria de nossa compreensão do universo se dará por aproximações sucessivas por meio de uma sequência infinita de teorias?

E mesmo que um dia formulemos uma teoria (ou conjunto de teorias) que pareçam descrever perfeitamente todos os fenômenos, como saber se ela é a teoria final? Seria possível provar, de forma inquestionável, que não haveria outra ainda mais abrangente, do mesmo modo que podemos provar, de forma definitiva, que o conjunto dos números primos {2, 3, 5, 7, 11, ...} é infinito? – um número primo é aquele que é divisível apenas por 1 e por ele mesmo.

Se a resposta for sim, todos os segredos do universo se revelariam para nós: dos fenômenos incrivelmente pequenos aos inimaginavelmente grandes.

Contudo, vale a pena respirar fundo e lembrar que a ciência nunca prometeu a onisciência. Pelo contrário, entre todas as lições que ela tem nos dado, a maior delas é a de humildade. A introdução do

sistema heliocêntrico pelo clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) retirou a Terra do centro do universo e, do ser humano, qualquer esperança de ele ter um papel protagonista na trama cósmica. Em seguida, percebeu-se que o Sol é apenas mais uma estrela da galáxia – que contém centenas de bilhões delas – e que o universo observável tem centenas de bilhões de galáxias.

E, como se não bastasse, a teoria da evolução do naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882), juntamente com a compreensão da estrutura genética, mostrou-nos que, afinal, não somos tão especiais, nem mesmo em comparação com outros seres vivos com os quais dividimos o planeta – quem teve a oportunidade de fitar os olhos de um gorila nunca se esquecerá da humanidade que eles refletem.

Acredito que nossa percepção do universo pode ser quantitativamente mais apurada do que a de um chimpanzé, mas não diferente em essência. Somos símios olhando para um universo que julgamos entender relativamente bem, graças apenas à nossa própria ignorância imposta por limitações evolutivas. Obviamente, não sei quais são os limites da ciência, mas, existam eles ou não, creio que os humanos sempre terão um entendimento extremamente limitado da natureza.

Talvez, fosse exatamente isso o que o oráculo de Delfos tenha pensado quando afirmou que o grego mais sábio entre todos era Sócrates (469-399 a.C.), que, a despeito de toda sua filosofia, não cansava de afirmar: “Só sei que nada sei”.

GEORGE MATSAS
Instituto de Física Teórica,
Universidade Estadual Paulista

Cérebro dos caminhos que se cruzam

Esta seção tem como política privilegiar, sempre que possível, trabalhos feitos por pesquisadores brasileiros. Mas essa tarefa ganha prazer extra quando esses resultados vêm de um dos fundadores da revista *Ciência Hoje* e cuja equipe resolveu um paradoxo na área de neurociências que, há décadas, desafiava os neurônios de especialistas.

Os dois hemisférios cerebrais estão conectados pelo chamado corpo caloso, feixe com cerca de 200 milhões de fibras nervosas. A descoberta de que essa estrutura era responsável pela conexão dos dois hemisférios ajudou o norte-americano Roger Sperry (1913-1993) a ganhar o Nobel de 1981 (categoria Fisiologia ou Medicina).

O corpo caloso tem, portanto, essa função importante. Mas, ao longo do século passado, recaiu sobre essa estrutura a suspeita de ser a culpada por diversos quadros psiquiátricos, de depressão e histeria a epilepsia e esquizofrenia. E a solução que parecia a mais adequada à época – e deve-se evitar aqui uma análise anacrônica dos fatos – era cortar cirurgicamente esse feixe fibroso e, assim, interromper as conexões entre os hemisférios.

Acreditava-se que esse procedimento invasivo cessaria a ‘hiperatividade’ do corpo caloso, tida como causa de distúrbios mentais. Em tempo: ainda hoje, essa cirurgia é feita em pacientes com epilepsia grave (e muito rara) que não reagem aos tratamentos convencionais.

Figura. Em A e B, conexão feita por vias alternativas (amarelo) em indivíduos que nasceram sem o corpo caloso. Em C, conexões entre dois hemisférios em um paciente normal. Em D e E (em azul e verde), conexões anômalas entre os dois hemisférios e cuja função ainda é desconhecida

... **E NESSA MÃO?** Com os avanços da pesquisa, um paradoxo – batizado paradoxo de Sperry – começou a esboçar seus contornos. E isso se deu quando se comparavam pacientes que haviam sofrido essa cirurgia com aqueles que haviam nascido sem o corpo caloso – quadro denominado disgenesia do corpo caloso.

Para entender o paradoxo, um teste simples: ponha uma venda em um paciente que teve o corpo caloso cortado cirurgicamente e na mão direita dele um objeto qualquer (uma caneta, por exemplo). Agora, peça para ele dizer o que é. Sem problemas. Motivo: o objeto sentido pela mão direita é reconhecido pelo hemisfério esquerdo do cérebro, onde a maioria de nós processa a linguagem.

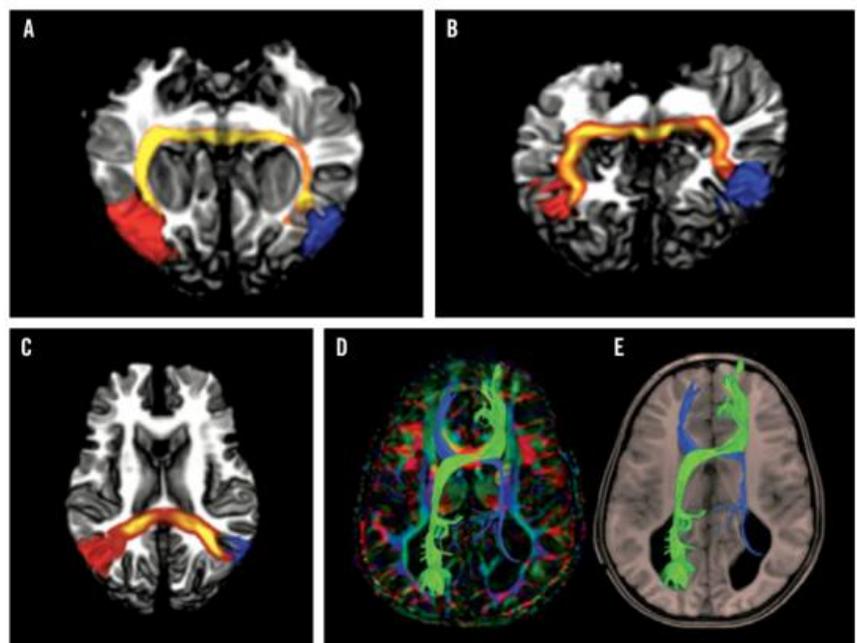
Agora, o cenário fica tanto mais interessante quanto estranho. Ponha a caneta na mão esquerda do mesmo paciente. Resultado: ele não conseguirá verbalizar. Razão: a informação tátil, processada no

hemisfério direito, não tem como ser transferida para o esquerdo. É mais ou menos como se, sem a ‘ponte’ entre os hemisférios, a informação vinda da mão esquerda ficasse ‘ilhada’ do lado direito do cérebro.

Mas o paradoxo surge agora: quando portadores de disgenesia do corpo caloso são submetidos ao mesmo experimento, eles não têm dificuldades em nomear os objetos postos tanto na mão esquerda quanto na direita. De algum modo, os dois hemisférios desse paciente se comunicam.

Mas como?

Essa misteriosa comunicação entre os hemisférios em pacientes com disgenesia do corpo caloso motivou o grupo liderado por Roberto Lent e Fernanda Tovar-Moll, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro e do Instituto D’Or de Pesquisa e Ensino, também no Rio de Janeiro (RJ), a investigar se uma rota alternativa poderia explicar o paradoxo de Sperry.



TOVAR-MOLL ET AL./PNAS

Para isso, a equipe – formada por outros 10 pesquisadores – comparou, por meio de técnicas sofisticadas de imagem, 12 pacientes saudáveis e seis com disgenesia. Os voluntários tinham de seis a 40 anos. E os resultados surpreenderam.

RESOLVENDO O MISTÉRIO A equipe de Lent e Tovar-Moll descobriu que o cérebro tem seus caminhos misteriosos para efetuar a comunicação entre os dois hemisférios no caso de pacientes sem o corpo caloso. Isso ocorre, segundo os pesquisadores, porque o órgão é dotado de plasticidade. Por exemplo, uma pessoa que sofreu um acidente vascular cerebral e teve a área da fala danificada pode, tempos depois, voltar a falar, porque o órgão trata de estabelecer vias alternativas de conexão ou, em alguns casos, alocar em outra região a função cognitiva.

A essência dos resultados da equipe – publicados em *Proceedings of the National Academy of Sciences* (12/05/14 *on-line*) – é que o órgão, no caso de pacientes que nasceram sem o corpo caloso, trata de criar rotas alternativas para fazer a comunicação entre os dois hemisférios.

Os resultados apontam para dois tipos dessas novas vias de comunicação – ressalte-se que ambas não são encontradas em cérebros normais. O primeiro desses atalhos pode ser visto nas imagens A e B da figura. E a equipe está certa de que essa rota esteja envolvida na comunicação entre os dois hemisférios.

Quanto às conexões do segundo tipo – que lembram caminhos que se cruzam em X (D e E da figura) –, a equipe afirma que sua função ainda é desconhecida. “A hipótese é que elas não sejam compensatórias, mas, sim, geradoras de sintomas que muitos desses indivíduos [com disgenesia] têm. Mas ainda temos que comprovar essa hipótese”, disse Lent à *CH*.

O desenvolvimento desses feixes anômalos, segundo os autores, se daria ainda no útero e estaria relacionado com a grande plasticidade do cérebro no início da gestação. A descoberta dessas novas vias de comunicação poderá ajudar a entender quadros mentais ligados a anormalidades de conexão entre os dois hemisférios, dizem os pesquisadores.

MEDICINA

Molécula da juventude?

Fica tentador comparar uma molécula encontrada no sangue de jovens com o elixir da juventude. Afinal, essa proteína foi capaz de reverter o envelhecimento em idosos, chegando a reparar danos no material genético e criar novas células no cérebro. Promissora, sem dúvida.

Para humanos, as esperanças começam a esmaecer a partir daqui: os resultados acima foram obtidos com camundongos. Mas não se esvaem totalmente: há chance de tal proteína prover os mesmos benefícios no *H. sapiens*.

Dois artigos (*Science*, 09/05/14) trazem resultados de um mesmo experimento (estranho, é verdade): juntar o sistema circulatório de dois indivíduos – no caso, um jovem e outro idoso – por meio da costura da pele de ambos. Esse procedimento é chamado parabiose e praticado em animais desde o século 19. E, com base nele, já se sabia que esse método reverte sinais de envelhecimento no animal mais velho.

Por quê?

A provável resposta veio agora: GDF11. Traduzindo: proteína cuja sigla (em inglês) significa fator de diferenciação de crescimento. Sabe-se que essa molécula regula a atividade das células-tronco, que podem se transformar em outras células do organismo. Mais: o GDF11 é abundante em camundongos jovens e deficiente em idosos.

Ano passado, mostrou-se que essa proteína tinha ação antienvhecimento no coração. Agora, efeitos semelhantes foram comprovados para músculos e cérebro.

Em um dos estudos, o grupo liderado por Amy Wagers e Lee Rubin, da Universidade Harvard (EUA), observou que injeções diárias de GDF11, por um mês, melhoravam a força e a estrutura dos músculos em camundongos idosos em condições semelhantes às obtidas pela parabiose. No outro expe-

perimento, mostrou-se que o mesmo procedimento fez com que o cérebro produzisse novos neurônios – no caso, relacionados ao olfato.

Nos dois casos, há evidências de que o GDF11 leva as células-tronco a se tornarem células adultas – no caso, de músculos e do cérebro.

A Universidade Harvard já pediu a patente do GDF11, e Wagers disse para a revista *Science* que já se discute o uso do fator em casos de Alzheimer e doenças cardíacas. A mesma reportagem informa que, até agora, só a droga rapamicina e a chamada dieta de restrição calórica tinham efeitos semelhantes aos do GDF11. Mas este último tem a vantagem de ser uma substância naturalmente produzida pelo organismo.

Em *Nature Medicine* (04/05/14 *on-line*), estudo semelhante – mas que não identificou o fator de crescimento – mostrou que a transfusão de sangue de camundongos jovens para idosos indicou que isso melhorou o aprendizado e a memória nestes últimos. Segundo os autores, isso parece ter ocorrido por conta de um rejuvenescimento no hipocampo, área do cérebro onde memórias são armazenadas.

Problema com o GDF11: não se sabe muito sobre seu mecanismo de ação. Assim, pouco adiantaria reverter o envelhecimento, usando essa molécula, e causar efeitos colaterais como doenças graves ou até mesmo a morte. E, claro, há uma questão essencial: aumentar a quantidade desse fator em um organismo idoso daria sobrevida ao paciente? Isso deve começar a ser respondido com os testes do GDF11 em humanos, daqui a uns três ou cinco anos.

Lembrete comum nesta seção. O GDF11 pode atolar em alguns dos muitos buracos (profundos) da estrada das boas intenções, cujas margens contêm túmulos (igualmente profundos) de várias promessas anteriores na área de medicina.

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Colapso à vista: problema nosso?

Ano: 2214. O nível dos mares está 3 m mais alto. Cidades costeiras foram inundadas, e ilhas, soterradas. Os refugiados do clima causam caos no planeta. O problema havia começado dois séculos antes, mas pouco (ou quase nada) foi feito à época para mitigá-lo.

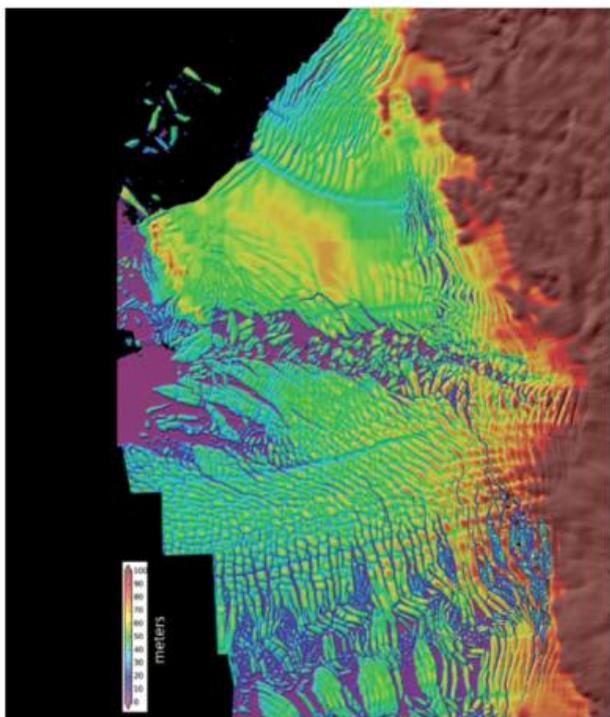
Por enquanto, puro catastrofismo. E dos baratos. Mas, segundo especialistas, já rumamos nessa direção. E a imagem acima é a prova: mostra o afinamento e a fragmentação da 'língua' (plataforma) de gelo flutuante (em verde) da geleira Thwaites, no oeste da Antártida. Motivo: aquecimento das águas dos oceanos.

Se a geleira de Thwaites colapsar por inteiro, toda a parte oeste do continente poderá sofrer processo semelhante, pois Thwaites está conectada como o resto da região. Aí, o nível dos oceanos poderá subir alguns metros – e o cenário que abre esta nota talvez não seja exagero.

Com dados quantitativos, os artigos que alertam para o problema estão em *Science* (16/05/14) e *Geophysical Review Letters* (12/05/14 *on-line*). E a má – má, mesmo – notícia que eles trazem é: não será possível reverter esse processo rumo ao colapso, pois parece não haver mecanismo de estabilização. Então, há chance de o futuro ser aquele descrito no primeiro parágrafo.

Tempo estimado para a catástrofe final: de dois a cinco séculos, dependendo de quanto o clima se aquecer. Em tempos geológicos, uma piscadela.

Pergunte-se: é ou não problema nosso?



DAVID SHEPARD/UNIVERSITY OF WASHINGTON; EUGENE SCORDEONE ET AL/PNAS

SINTONIA FINA

O público deveria pautar a ciência?

Dois prêmios. No primeiro, o governo britânico reuniu boa intenção, história da ciência e uma inesperada (e, talvez, saudável) polêmica. No outro, a Universidade de Chicago decidiu resolver um mistério.

O Prêmio Longitude foi anunciado pelo primeiro-ministro britânico, David Cameron, para comemorar os 300 anos do chamado Ato Longitude, que ofereceu boa quantia para quem achasse um método preciso de calcular a longitude e, com isso, evitar que os navios se perdessem nos mares – já se sabia calcular a latitude.

O ganhador das então 20 mil libras – hoje, algo como 1 milhão de libras (cerca de R\$ 4 milhões) – foi o relojoeiro britânico John Harrison (1693-1776), que desenvolveu um cronômetro portátil, com o qual se pôde calcular a coordenada geográfica. Essa história é contada em *Longitude*, de Dava Sobel (Companhia das Letras, 2008).

O Prêmio Longitude difere do Ato. No primeiro, cerca de 100 cientistas elegeram seis grandes problemas científicos: demência, paralisia, resistência microbiana, alimento, falta d'água e mudança climática. E a ideia é que o público irá votar no que julgar ser o merecedor dos 10 milhões de libras (cerca de R\$ 40 milhões), que virão da organização civil da área de inovação Nesta. A votação acabará depois do fechamento desta edição: 25 de junho. Nos cinco anos seguintes, a pessoa – qualquer um pode participar – que apresentar a melhor solução para a questão escolhida leva o prêmio.

Soa simpático, democrático, inclusivo etc. Será?

O jornalista e divulgador científico britânico Philip Ball, respeitadíssimo em sua área, critica – em texto fino, porém irônico (<http://bit.ly/U9kDLR>) – detalhes do prêmio. E ele tem bons argumentos. Um deles: na versão de 1714, o prêmio era para resolver um problema longamente conhecido e que tinha a ver com supremacia naval, comercial e colonial – ou seja, não foi escolhido por votação popular. “Se você tivesse perguntado à população, as pessoas provavelmente diriam estar mais preocupadas com saneamento básico ou a falta de direito de voto do que tudo mais”, arrisca o jornalista.

Para Ball, o mais ridículo – palavras dele – é o tema e o vencedor serem escolhidos por votação (popular ou não).

E ele parece ter razão. Afinal, se o dinheiro for para algo relacionado à falta de água, que desculpa será dada aos portadores de demência ou paralisia? Algo como ‘desculpem-nos, mas foi a vontade popular, e o problema de vocês não pareceu ao público tão importante quanto os

outros?' E se ganhar demência, o que dizer aos que sofrem de paralisia? E vice-versa?

Astrônomo Real e diretor do comitê do prêmio, o pesquisador britânico Martin Rees respondeu às críticas e defendeu o prêmio (*Nature*, 22/05/14, p. 401). Segundo ele, a escolha do vencedor é, sim, objetiva (“como em competições olímpicas e diferentemente do Oscar ou prêmios literários”). E o prêmio tem a vantagem de promover jovens talentos (“diferentemente do Nobel e prêmios similares, para os quais o reconhecimento pode ser postergado por décadas”).

Rees reafirma as semelhanças entre o prêmio original e o atual. Mas Ball chama a atenção para artigo em que Rebekah Higgitt, historiadora da ciência da Universidade de Kent (Reino Unido), alega que há dúvidas sobre o prêmio original ter existido e Harrison ter recebido a quantia oficialmente – parece que ele conseguiu, após muita insistência, arrancar quantia igual do Parlamento.

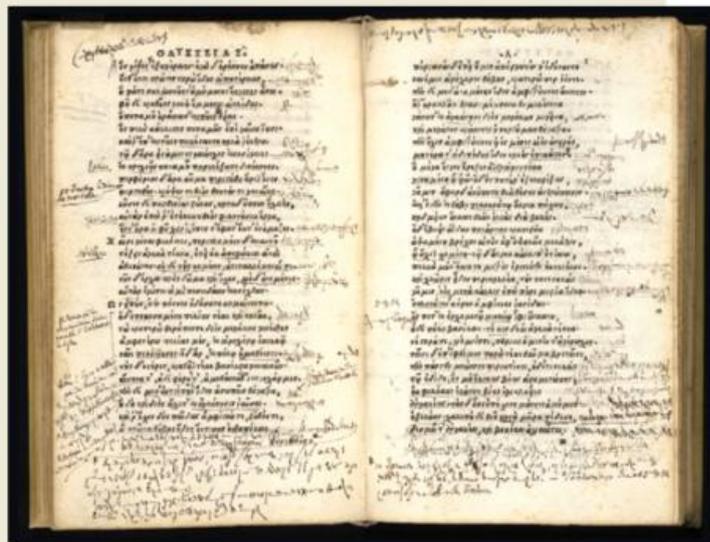
Em seu blogue, no sítio do jornal britânico *The Guardian* (<http://bit.ly/1hdNwRm>), Higgitt ajuda a desmontar o mito em torno da semelhança entre os dois prêmios. E lá está outra informação interessante: o comitê do prêmio de 1714 – que parece ter se reunido só em 1737 – marca a vinda de cargos científicos de prestígio para a área de tomada de decisões governamentais. Em entrevista à *CH*, Higgitt diz desconhecer movimento semelhante ao do Ato Longitude do século 18 em termos de Europa – apesar de se saber que filósofos e especialistas aconselharam monarcas e governos.

Para dar um contexto mais atual, é bom lembrar que, na Venezuela, o governo de Hugo Chávez (1954-2013) cogitou dar a comitês populares locais o poder de determinar que temas de pesquisa as universidades deveriam seguir. Os cientistas – pelo menos, os entrevistados – não gostaram nem um pouco.

Há quem chame essas medidas populistas de ‘democratismo’. E o(a) leitor(a) acha que o público deveria decidir que temas a ciência deveria pesquisar? Ou que caminhos a política científica deveria seguir? Se sim, para qual problema ou rumo iria seu voto?

Mudando de prêmio Em 2007, exemplar do século 16 de *Odisseia* – raridade, sem dúvida – foi doado à Biblioteca da Universidade de Chicago (UCL), nos EUA. E nele havia um mistério: notas manuscritas (e ininteligíveis) ao longo do texto em grego (figura).

A UCL decidiu oferecer um prêmio quase simbólico – US\$ 1 mil (cerca de R\$ 2,4 mil) – para quem identificasse o tipo de escrita, documentasse a conclusão e traduzisse parte das anotações do exemplar, impresso por Aldus Manutius em 1504.



Choveram candidatos do mundo todo.

Vencedores: o engenheiro de computação Daniele Metilli e Giulia Accetta, fluente em francês e especialista em taquigrafia. Ambos italianos.

A dupla, depois de muita pesquisa, descobriu que os traços nas margens da página do livro foram feitos com base no sistema de taquigrafia inventado pelo francês Jean Coulon de Thévénot (1754-1813) no final do século 18. E, a partir daí, traduziram partes das anotações, que são traduções, para o francês, das palavras em grego.

As anotações nas margens foram feitas em 25 de abril de 1854 – guarde o ano dessa data.

Odisseia, atribuída a Homero, que teria vivido por volta do século 8, conta as viagens de Odiseu, herói da guerra de Troia. Também é atribuída a ele *Iliada*, outro poema épico. Ressalte-se: não se sabe se Homero existiu ou foi uma criação.

Quem foi o autor da taquigrafia? E por que fez as anotações? Mistérios que Metilli vem tentando resolver desde a premiação. Já surgiu uma suspeita: a tradução usada pela dupla é da editora Hachette e foi feita por Édouard Sommer. O volume 11 foi publicado em... 1854. “Não a considero uma hipótese séria – o ano é só uma coincidência, e eu não tenho mais evidências. Mas eu estou investigando-a e espero prová-la ou descartá-la”, disse Metilli à *CH*.

E por que foram feitas as anotações? “Simplesmente, por rapidez ou privacidade”, disse Metilli. Mas a pergunta mais misteriosa é: por que rabiscar uma cópia que, já no século 19, era raríssima? “Para isso, realmente não tenho explicação”, disse o engenheiro.

O belo relatório final (em inglês) que deu o prêmio à dupla pode ser baixado aqui: <http://bit.ly/1tnO0Ec>.

Mensagem da ninfa das águas

Por décadas, especialistas têm discutido se o continente americano foi colonizado por uma ou duas migrações, a partir do estreito de Bering, há cerca de 15 mil anos. Motivo do desacordo: fósseis indicam humanos com crânio longo e testas proeminentes, mas os atuais nativos americanos têm cabeças mais redondas e faces mais chatas.

A imagem mostra Naia (ninfa das águas, em grego), menina que morreu na adolescência. Com cerca de 13 mil anos e achada em uma caverna inundada no México, sua principal característica: tem as formas da cabeça do pri-

meiro tipo, mas DNA dos nativos modernos. Assim, a mensagem que ela nos deixa pode ser a seguinte: houve uma só migração.

E razão das mudanças anatômicas? Tema ainda em debate.

Problema com Naia: sua verdadeira idade. Depois de tanto tempo submersa, não sobrou muito material para datá-la com precisão. Se seus 13 mil anos forem confirmados, então a mensagem da ninfa ficará mais clara: todos no continente têm as mesmas raízes.

MAIS EM: 'Aparências que enganam': <http://www.cienciahoje.org.br>

PAUL WINKELMANN/ANTHROPOLÓGICO





FOTO: CECILIO RODRIGUES

Sabe-se hoje que, em muitos casos, espécies herdam de fato caracteres adquiridos pelos ascendentes – (...) Lamarck não estava tão errado assim

A CULPA É SÓ DOS PAIS?

O alemão Friedrich L. A. Weismann (1834-1914) ficou famoso não apenas por sua competência acadêmica, mas também por ter descoberto a chamada 'barreira de Weismann'. Esse princípio afirma que os únicos veículos da hereditariedade são os gametas – as células reprodutoras: espermatozoides e ovos. Segundo esse biólogo evolucionista, se ocorressem mutações nas células somáticas (as que compõem os demais tecidos), essas mutações afetariam somente os indivíduos em que surgiram, e não seriam transmitidas a seus descendentes.

A barreira de Weismann logo se tornou também uma barreira para a proposta, do naturalista francês Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), de que modificações adquiridas seriam herdadas pela prole. Em experimento célebre, Weismann cortou a cauda de camundongos ao longo de cinco gerações e constatou que nenhum dos 901 descendentes nasceu com uma cauda rudimentar em razão do tratamento cirúrgico. Esse resultado, segundo ele, confirmava sua teoria. Os evolucionistas sabem que esse experimento não é válido, principalmente por ignorar a seleção natural. Se a mutilação trouxesse algum benefício para os animais, possivelmente o desfecho seria outro. Além disso, no contexto da evolução, cinco gerações dificilmente seriam suficientes para que uma característica biológica se fixasse.

O tempo passou e sabe-se hoje que, em muitos casos, espécies herdam de fato caracteres adquiridos pelos ascendentes – como já comentado antes nesta coluna, Lamarck não estava tão errado assim. A própria definição de gene precisa ser refeita à luz dos avanços da biotecnologia.

Uma das novidades é a descoberta dos microRNAs (miRNAs), conhecidos ainda como 'pequenos RNAs não codificantes', isto é, que não contêm instruções para a síntese de proteínas, como os RNA mensageiros. Trabalhos recentes mostram que os microRNAs são abundantes e regulam – inibem – a produção de proteínas. No momento, sabe-se que eles se somam a uma grande coleção de outros reguladores da ação dos genes, atuando

do como válvulas extras, dentro das redes regulatórias das células, para garantir seu bom funcionamento e seu equilíbrio.

Em relato fascinante, Katharina Gapp e colaboradores (*Nature Neuroscience*, v. 17, p. 667, 2014) mostraram que um miRNA, presente em espermatozoides de camundongos, era produzido em maior quantidade se os animais eram submetidos a estresse. Os filhotes desses camundongos exibiram comportamentos semelhantes à depressão, revelados por testes padronizados.

Para comprovar o achado, o grupo extraiu, dos espermatozoides dos animais estressados, a coleção de miRNAs ali existente, entre os quais estava o miR-375, um dos produzidos em resposta ao estresse. Esses miRNAs foram injetados em ovócitos fertilizados de camundongos que não haviam sofrido estresse e então implantados no útero de fêmeas grávidas. Os filhotes nascidos exibiram os mesmos comportamentos depressivos observados nos filhotes dos animais submetidos a estresse.

Em seu conjunto, os resultados de Gapp e colaboradores não só confirmaram a transmissão genética de caracteres adquiridos, mas também indicaram que é possível herdar características comportamentais antes atribuídas ao ambiente ou a condições patológicas. Naturalmente, devemos manter em mente que os pesquisadores usaram camundongos em seu experimento. Mas, como a distância genética entre humanos e camundongos não é tão grande (as duas espécies compartilham cerca de 97,5% do genoma), é possível – e provável – que parte de nossa personalidade seja herdada.

Nos experimentos de Gapp, curiosamente, as características depressivas dos camundongos persistiram até a terceira geração, embora os níveis de miRNAs nos espermatozoides já tivessem se normalizado na segunda geração. Isso sugere que, em gerações seguintes, teria ocorrido a diluição das características herdadas, levando ao desaparecimento da depressão originalmente induzida nos animais. Mais uma razão para celebrar a biodiversidade. **BR**

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

Da leitura do DNA ao *doping* genético

As técnicas cada vez mais avançadas empregadas em estudos genéticos têm permitido descobertas que podem trazer benefícios para a saúde e para a qualidade de vida das pessoas. A ampliação do conhecimento sobre o DNA e sobre a atuação dos genes poderá inclusive contribuir para avanços nas atividades esportivas. Uma preocupação constante, porém, é a possibilidade de que todo esse esforço científico voltado para o bem já esteja sendo usado – no campo do esporte de alto rendimento – para fins ilícitos.

Rodrigo Gonçalves Dias

*Laboratório de Genética e Cardiologia Molecular
e Unidade de Reabilitação Cardiovascular
e Fisiologia do Exercício, Instituto do Coração, Hospital das Clínicas,
Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo*

Uma curiosidade de alguns fanáticos por esporte é compreender o que faz com que o seu ídolo seja um campeão olímpico, um fenômeno como atleta. Para buscar respostas para essa dúvida e desvendar a complexa maquinaria genética que garante a alguns indivíduos um desempenho destacado em modalidades específicas, os cientistas do esporte vêm investigando as informações armazenadas em seu material genético, ou seja, na molécula de DNA, com resultados promissores.

De modo simplificado, tais estudos seguem esse roteiro: retira-se uma amostra de sangue de um atleta e, do sangue, é extraído e purificado o DNA. Em seguida, este é disposto em um *chip* – uma pequena placa que facilita a ‘leitura’ dos componentes da molécula – e, após algumas horas, é obtido o rastreamento completo do genoma do indivíduo, ou seja, a sequência dos grupos químicos (adenina, guanina, citosina e timina) que compõem o DNA. Esses grupos, tecnicamente denominados bases nitrogenadas, são identificados pelas iniciais A, G, C e T. Certos trechos dessa sequência formam os genes, nos quais estão armazenadas as informações necessárias para a realização de todos os processos orgânicos.

FOTO LEMURO NIEMI SARTO/REVO PRODUÇÕES

>>>



Bicampeão mundial no salto em distância, Mauro Vinicius da Silva, o Duda (27 anos), é um dos atletas que terá o código genético totalmente lido

Essa tecnologia permite identificar a possível existência, no DNA, de cerca de 5 milhões de alterações – ou mutações – na sequência das bases. E algumas dessas mutações genéticas ocorrem em genes que regulam características fisiológicas com potencial para melhorar o desempenho físico. Alguns exemplos dessas características são, entre outras, o grau de crescimento do tecido muscular, o tipo de fibra presente nos músculos, a capacidade de transporte do oxigênio pelo sangue e até a capacidade de captação desse elemento pelos músculos durante uma competição.

Outro modelo de *chip* – conhecido como *chip* de RNA – ajuda a identificar a velocidade de expressão de genes, ou seja, a velocidade com que cada um deles exerce sua função no organismo. Essa análise permite identificar genes que se expressam de forma diferenciada em situações específicas, como nos atletas submetidos a árduos programas de treinamento físico.

Essas duas formas de rastreamento genético são tidas pelos cientistas como exploratórias e livres de hipótese. Ou seja, em apenas uma análise é obtida uma leitura

completa do genoma, sem necessariamente gerar uma suposição admissível. Afinal, as funções do organismo humano são controladas por quase 30 mil genes – e essas funções são moduladas, para mais ou para menos, por cerca de 10 milhões de mutações genéticas diferentes.

A avançada tecnologia criada para o rastreamento completo do genoma humano está, aos poucos, permitindo ampliar o conhecimento sobre a relação entre a genética e a capacidade de melhorar o desempenho com o treinamento. Quando fazemos exercícios, todos nos adaptamos. No entanto, é natural que o grau das adaptações seja diferente para cada um. Aqueles em que o grau de adaptação ao treinamento físico é muito superior ao da média da população são tidos como os mais treináveis e, ao menos em tese, seriam os que mais se destacariam no esporte de alto rendimento.

Em busca de talentos Descobrir qual seria o 'perfil poligênico' de grandes atletas, quantificar o peso da bagagem genética na expressão final de sucesso e usar essas informações para a tão sonhada 'detecção de

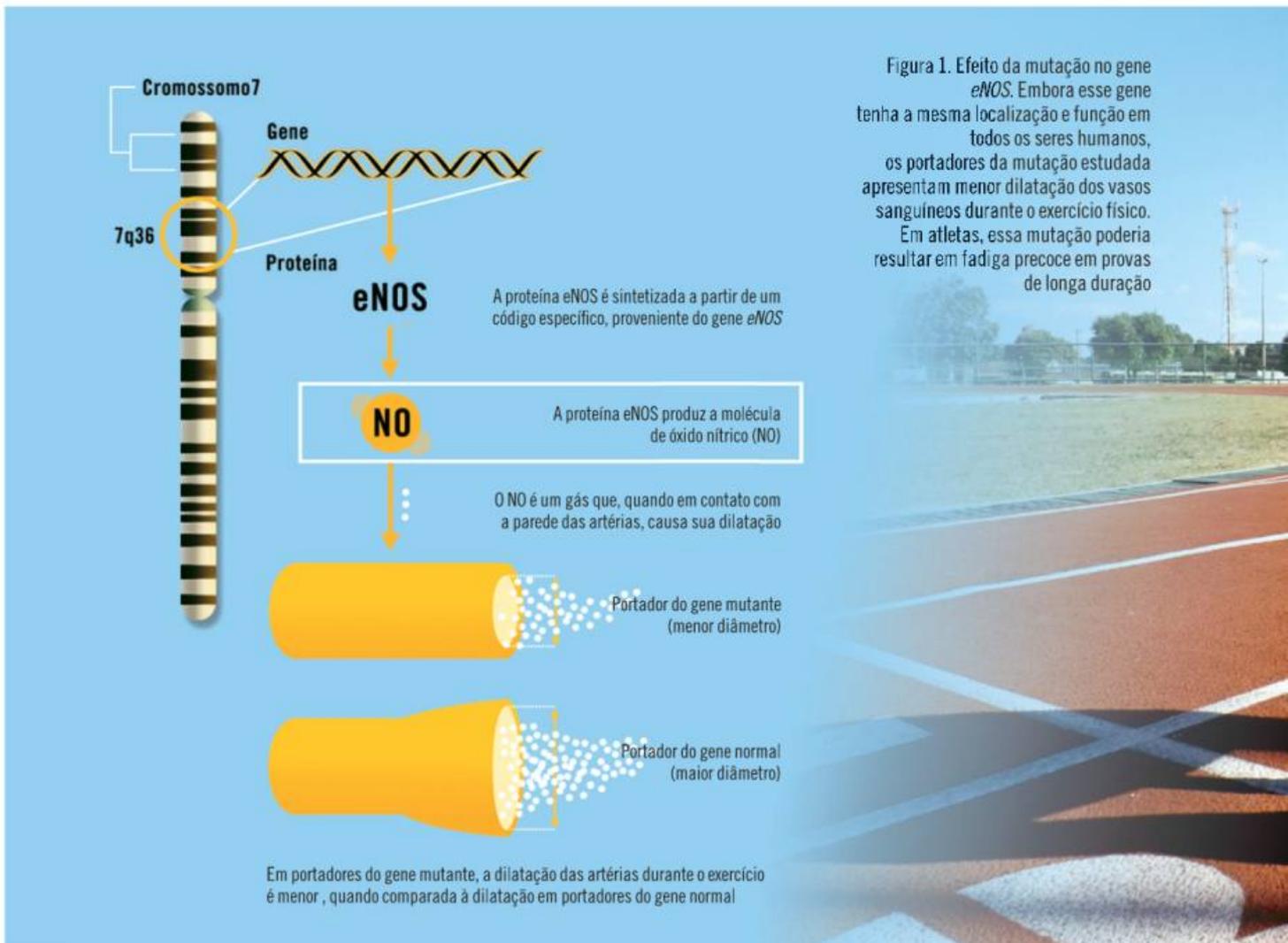


Figura 1. Efeito da mutação no gene *eNOS*. Embora esse gene tenha a mesma localização e função em todos os seres humanos, os portadores da mutação estudada apresentam menor dilatação dos vasos sanguíneos durante o exercício físico. Em atletas, essa mutação poderia resultar em fadiga precoce em provas de longa duração

talentos esportivos com base em análises genômicas' é o que justifica o considerável investimento intelectual e financeiro aplicado a esse campo de estudo. Evidentemente, é preciso ressaltar que o surgimento de um grande atleta não depende apenas da genética, mas também de fatores ambientais como treinamento físico, estado nutricional, estado psicológico e outros.

A maior parte das informações obtidas até agora sobre a relação entre genes e exercício físico veio de estudos mais simples, que antecederam a era dos *chips* de DNA e RNA. Tais estudos, na grande maioria, investigaram o efeito isolado de apenas um gene, e resultaram na identificação e caracterização de cerca de 500 como potenciais moduladores do desempenho físico humano. Embora esses dados sejam relevantes e tenham contribuído para o início do conhecimento nessa área, esse número de genes parece não ser ainda suficiente para a detecção de indivíduos com potencial para se destacar nos esportes.

Um exemplo, envolvendo a maratona (corrida de 42,1 km), pode explicar por que o conhecimento atual

não é suficiente. Na maratona, as artérias dilatam, permitindo que maior volume de sangue atinja a musculatura, para aumentar o fornecimento de oxigênio e nutrientes. A principal responsável pela vasodilatação é a molécula de óxido nítrico (NO), sintetizada naturalmente nos vasos sanguíneos por uma enzima específica, a óxido-nítrico-sintase endotelial (*eNOS*).

O gene que controla a produção dessa enzima (também conhecido como *eNOS*) está situado no braço 'q' do cromossomo 7, na posição 36 – a localização exata de um gene resultou do Projeto Genoma Humano, que sequenciou nosso DNA (com em torno de 25 mil genes e de 3,2 bilhões de pares de bases) e mapeou nossos 23 pares de cromossomos. Estudo de nosso laboratório analisou o genoma de quase 1,2 mil indivíduos e identificou, em 8% deles, uma mutação (troca de uma citosina por uma timina) na posição 894 da sequência de bases do gene *eNOS*. Em seguida, verificamos que, nos indivíduos com essa modificação, a estrutura da enzima *eNOS* também está alterada.

Um dado interessante é que indivíduos com o gene normal e com a mutação não mostraram, em repouso, diferenças na quantidade de fluxo sanguíneo direcionado aos músculos. No entanto, durante o exercício, os portadores da mutação apresentaram menor vasodilatação – ou seja, o fluxo de sangue para os músculos aumentou menos (figura 1). Isso ocorre porque a enzima mutada não consegue aumentar a produção de óxido nítrico no exercício. A descoberta da mutação e de seus efeitos foi citada por conceituados pesquisadores como uma das mais relevantes contribuições recentes no campo da genética aplicada ao esporte.

Embora essa mutação no gene *eNOS* esteja hoje entre as mais cotadas para uso na detecção de talentos esportivos com base em análises genômicas, ela não seria, de forma isolada, um bom meio de prever o desempenho físico. Podem ser citadas algumas razões para isso.

Em primeiro lugar, mesmo que o óxido nítrico seja responsável por cerca de 80% da vasodilatação muscular durante o exercício, outros genes também participam do controle do processo, e deveriam ser considerados em uma análise mais precisa. Além disso, a descoberta foi feita testando-se indivíduos comuns, e não atletas de destaque. É provável que a mutação no gene *eNOS* também seja encontrada em um percentual 'x' de atletas, mas seria preciso testar nestes seu efeito prejudicial para a alta performance em provas que exigem resistência (como a maratona). Finalmente, existe a hipótese – ainda a ser testada – de que, em atletas de elite especialistas em provas de resistência, o organismo poderia produzir alguma outra substância com potencial vasodilatador e capaz de compensar a deficiência de óxido nítrico.

Esse mesmo raciocínio, com entraves semelhantes, é válido para aqueles 500 genes que mostraram,



Ana Luiza do Nascimento (12 anos), atleta destaque no atletismo do projeto O DNA do Brasil

ZORAN PERIC/ISTOCK/GETTY IMAGES

>>>

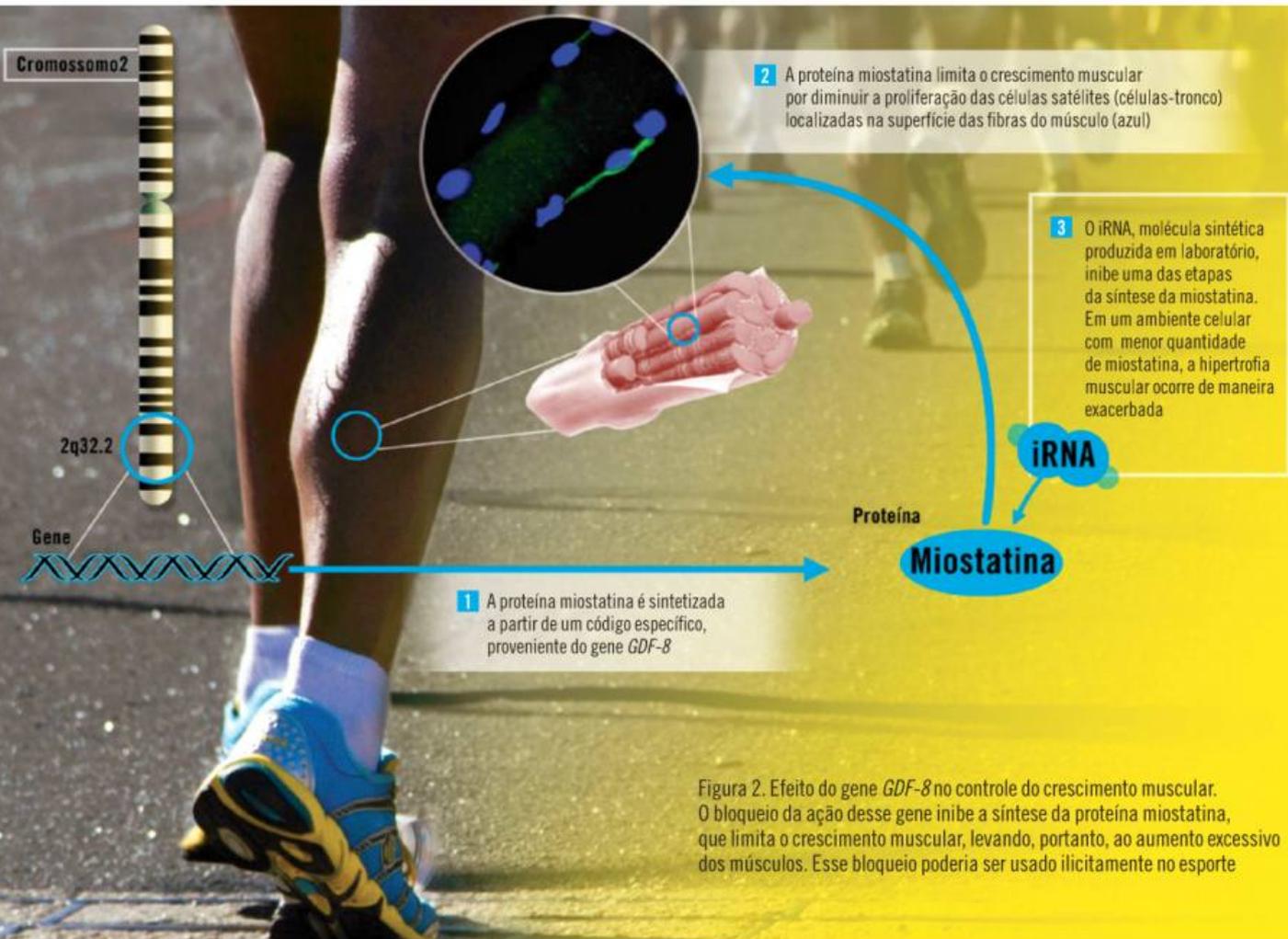


Figura 2. Efeito do gene *GDF-8* no controle do crescimento muscular. O bloqueio da ação desse gene inibe a síntese da proteína miostatina, que limita o crescimento muscular, levando, portanto, ao aumento excessivo dos músculos. Esse bloqueio poderia ser usado ilícitamente no esporte

isoladamente, ter influência sobre algum processo orgânico com potencial para beneficiar atletas que precisam de força/potência ou resistência em suas modalidades. Esta é a situação real da genética aplicada à ciência do esporte, contrariando a conduta desonesta de alguns que conhecem essas limitações, mas, por motivos financeiros e de *marketing*, já vendem diagnósticos genéticos supostamente capazes de prever o desempenho físico.

Assinatura molecular Para avançar no conhecimento e permitir o quanto antes uma aplicação prática e com fundamento da genética no esporte, cientistas de todo o mundo têm investido nas análises genômicas em larga escala. Um projeto brasileiro, usando *chips* de RNA, permitiu recentemente caracterizar a 'assinatura molecular do exercício físico', correspondente a algumas centenas de genes que são 'provocados' pelo treinamento físico e que passam a exercer suas funções de forma diferenciada no organismo.

Para isso, foram estudados recrutas da Polícia Militar do Estado de São Paulo, inicialmente sedentários e

submetidos a um programa de treinamento físico por 18 semanas. Surpreendentemente, foram identificados 1.846 genes, entre 28.869, que são alterados com o treinamento físico: alguns aceleram sua atuação e outros passam a atuar mais lentamente. A partir de análises extremamente complexas, foi classificado um subgrupo de 98 genes (entre os 1.846) com características capazes de indicar, antes do início do treinamento, o grau da adaptação que o indivíduo apresentará. Caso essa informação seja validada, ou seja, caso o resultado obtido com os policiais militares seja reproduzido em outras populações, a predição de futuros talentos para o esporte poderá, em breve, contar com a aplicação das análises genéticas.

Nesse sentido, dois outros projetos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos, em parceria com a Confederação Brasileira de Atletismo (CBAt) e com o Projeto Brasil Rumo 2016 – O DNA do Brasil. Eles envolvem a 'leitura' do genoma dos primeiros 500 atletas do *ranking* brasileiro do atletismo e de 20 mil crianças e jovens com idade entre 7 e 18 anos – espera-se que a infor-

mação extra gerada pelos testes genéticos amplie a capacidade de detectar talentos, hoje baseada em testes físicos, em análises psicológicas e na opinião dos 'olheiros' (pessoas que, de maneira empírica, identificariam atletas com grande potencial). Essa análise, porém, está ainda em fase de estudo e sua aplicação não deve ser adiantada sem o parecer final das investigações científicas, que devem considerar outros fatores, além do componente genético.

Um fato interessante é que, em modalidades esportivas distintas, a influência dos componentes genético, ambiental e psicológico também é diferente. Modalidades cíclicas, em que há repetição em sequência de um mesmo movimento (corrida de 100 m, outras provas de atletismo e de natação, por exemplo) dependem mais dos genes determinantes do máximo rendimento físico e menos da criatividade e da tomada de decisão, fatores ligados ao desempenho mental do atleta. Já nas modalidades acíclicas, como vôlei e futebol, um maior desempenho mental pode resultar em sucesso mesmo na ausência de uma capacidade física excepcional.

Em resumo, o quanto cada fator irá contribuir para a geração de um 'fenômeno' esportivo depende em parte da modalidade. O papel da genética, portanto, não seria idêntico nos diferentes esportes. Considerando todos esses dados, a ciência caminha bem e a passos largos na identificação dos genes do esporte.

Genética ilícita Recentemente, o 'doping genético' foi incluído na lista de proibições da Agência Mundial Antidoping (WADA, na sigla em inglês) e classificado como mais um método ilícito para modular o desempenho físico. A WADA define esse tipo de *doping* como o uso não terapêutico de células, genes e elementos genéticos, ou a modulação da expressão gênica, com potencial para aumentar o desempenho esportivo. As técnicas que tornam isso possível vêm sendo desenvolvidas com o propósito de prevenir ou tratar doenças hereditárias ou desordens adquiridas, ou aliviar seus sintomas.

Aqueles dispostos a usar a terapia gênica para fins ilícitos no esporte, mesmo sem conhecer os riscos dessa prática para a saúde e sem a garantia de um maior desempenho, visam ampliar, entre outros sistemas do organismo, o tamanho dos músculos além do limite fisiológico determinado pelo perfil genético de cada indivíduo.

Um caminho para isso é o controle da síntese da proteína miostatina, que limita o crescimento dos músculos por inibir a proliferação das células satélites (células-tronco do músculo) (figura 2) – essa síntese é determinada pelo gene *GDF-8* (situado no braço 'q' do cromossomo 2, posição 32.2). Essa inibição fisiológica natural da hipertrofia muscular previne o crescimento excessivo

dos músculos, mas os cientistas imaginaram que a interrupção da produção da miostatina poderia beneficiar pacientes com doenças degenerativas dos músculos, como a distrofia muscular. Uma molécula sintética conhecida como RNA de interferência (iRNA) vem sendo testada com esse objetivo.

No entanto, já existem rumores de que, no submundo ilícito do esporte de alto rendimento, o iRNA tem sido usado por atletas dispostos a obter maior crescimento muscular. Enquanto cientistas se dedicam à compreensão da estrutura (o conjunto de genes) que rege a complexa maquinaria humana, para fins benéficos, existem aqueles interessados em usar essas valiosas informações para fins indesejados.

Embora todos estejam conscientes de que atletas transgênicos talvez já estejam circulando pelas arenas de competição, a comprovação só se dará quando a WADA incluir os testes para detectar o *doping* genético na bateria de testes já aplicados em eventos esportivos. O que ainda não aconteceu. 

ESPORTE NO LABORATÓRIO

O autor realiza pesquisas na área de genômica aplicada à ciência do exercício físico e do esporte. Investiga, no projeto Avanços em Genômica para Diagnósticos Moleculares, a influência da genética nos benefícios à saúde gerados pelo exercício e nos ganhos em desempenho. Foram premiados o estudo sobre a mutação que afeta a síntese de óxido nítrico (primeiro lugar no 63º Congresso Brasileiro de Cardiologia, em 2008) e a descoberta dos 1.846 genes alterados no treinamento físico (primeiro lugar na categoria mestre/doutor, no Prêmio Jovem Cientista, em 2012).

Sugestões para leitura

- DIAS, R. G. 'Genética, performance física humana & doping genético: o senso comum versus a realidade científica', em *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 17, nº 1, p. 62, 2011 (disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v17n1/v17n1a12.pdf>).
- DIAS, R. G. e outros. 'Polimorfismos genéticos determinantes da performance física em atletas de elite', em *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 13, nº 3, p. 209, 2007 (disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v13n3/v13n3a16.pdf>).
- DIAS, R. G. 'Genética, exercício físico e nutrição', em PASCHOAL, V. e NAVES, A., *Tratado de nutrição esportiva funcional*, São Paulo, Ed. Rocca, 2014.
- RADLER, F. 'Dopagem: ética no esporte e saúde dos atletas', em *Ciência Hoje*, v. 48, n. 287, 2011.



NA CONTRAMÃO DA CONSERVAÇÃO

Os atropelamentos
de animais na BR-262



O viajante que trafega pela BR-262, importante rodovia que corta o cerrado, no Mato Grosso do Sul, nota que a região tem uma fauna silvestre variada. Mas essa percepção surge de maneira pouco agradável. A estrada é um cenário triste: sobre o asfalto são vistas muitas carcaças – umas ainda frescas, outras mais antigas – de diversas espécies dos mamíferos terrestres mais típicos do país. Alguns são nativos do cerrado, outros vivem em todo o território nacional, e vários estão nas listas de animais ameaçados de extinção.

Helbert Medeiros Prado

*Departamento de Genética e Biologia Evolutiva,
Universidade de São Paulo*

Por ser um país continental, o Brasil por vezes reserva surpresas aos que viajam por suas rodovias, paisagens, estados e biomas. Cruzar parte de São Paulo e de Mato Grosso do Sul, de capital a capital, é uma dessas experiências. Quando se parte da cidade de São Paulo, rumo ao extremo oeste do estado, pela rodovia Marechal Rondon (SP-300), o cenário é marcado, em grande parte, pela força do agronegócio, representado pelas monoculturas de cana-de-açúcar e de eucalipto. Nessa região, pouco se vê da vegetação nativa e dos animais silvestres que no passado compunham a paisagem.

A rodovia termina no rio Paraná, que divide São Paulo e Mato Grosso do Sul. Atravessando o rio, sobre a barragem da usina hidrelétrica de Jupia, chega-se a Três Lagoas (MS). Para seguir viagem em direção à capital sul-mato-grossense, Campo Grande, toma-se a BR-262. Nesta, carros e caminhões dividem uma estrada de pista simples e de mão dupla, com raras faixas de acostamento em boas condições.

Em terras de Mato Grosso do Sul, além da presença também marcante dos imensos eucaliptais, observam-se os grandes campos de criação bovina, as manchas de vegetação de cerrado regenerando-se em pastagens abandonadas e as veredas surgidas nos relevos mais baixos e alagados. O cenário quase vazio de fauna silvestre do trecho paulista da viagem dá lugar agora a grande variedade de espécies. Tatus, tamanduás, raposinhas-do-campo e outros animais são vistos com frequência, mas não nas áreas naturais cortadas pela rodovia. O viajante, infelizmente, quase sempre avista apenas as carcaças desses mamíferos, vítimas de atropelamentos, que se acumulam na estrada dia após dia.

O atropelamento em rodovias já é considerado uma das principais causas de morte de animais silvestres no Brasil e no mundo, ao lado de outros impactos já conhecidos, como a perda e a fragmentação dos habitats e a caça (ver 'Mortes nas estradas', em *CH* 250). Não por acaso, aumentou nos últimos anos o número de estudos

que buscam entender esse processo e minimizar seus efeitos. Estradas mal preservadas e mal sinalizadas, que fragmentam paisagens naturais e não contam com passagens seguras para os integrantes da fauna, tornam-se uma armadilha mortal para as espécies que habitam a região onde são construídas.

O registro das vítimas Os dados sobre atropelamentos de animais apresentados neste artigo resultam de 14 dias de registros na BR-262, entre as cidades de Três Lagoas e Campo Grande, trecho de 313 km que foi percorrido sete vezes durante o estudo. Os deslocamentos, a uma velocidade média de 60 km/h (para facilitar a visualização), foram realizados em junho de 2012. A cada sinal de animal morto na estrada, ou no seu entorno imediato, foi realizado o registro fotográfico e a identificação da espécie em fichas de campo.

A BR-262 é um dos três principais eixos rodoviários do Mato Grosso do Sul, estado que transporta cerca de 80% de sua produção por rodovias. As principais culturas agroflorestais no estado são a soja, o milho, o algodão e a cana-de-açúcar, além do eucalipto, usado na produção de celulose. A avicultura e a suinocultura também exigem transporte pelas rodovias.

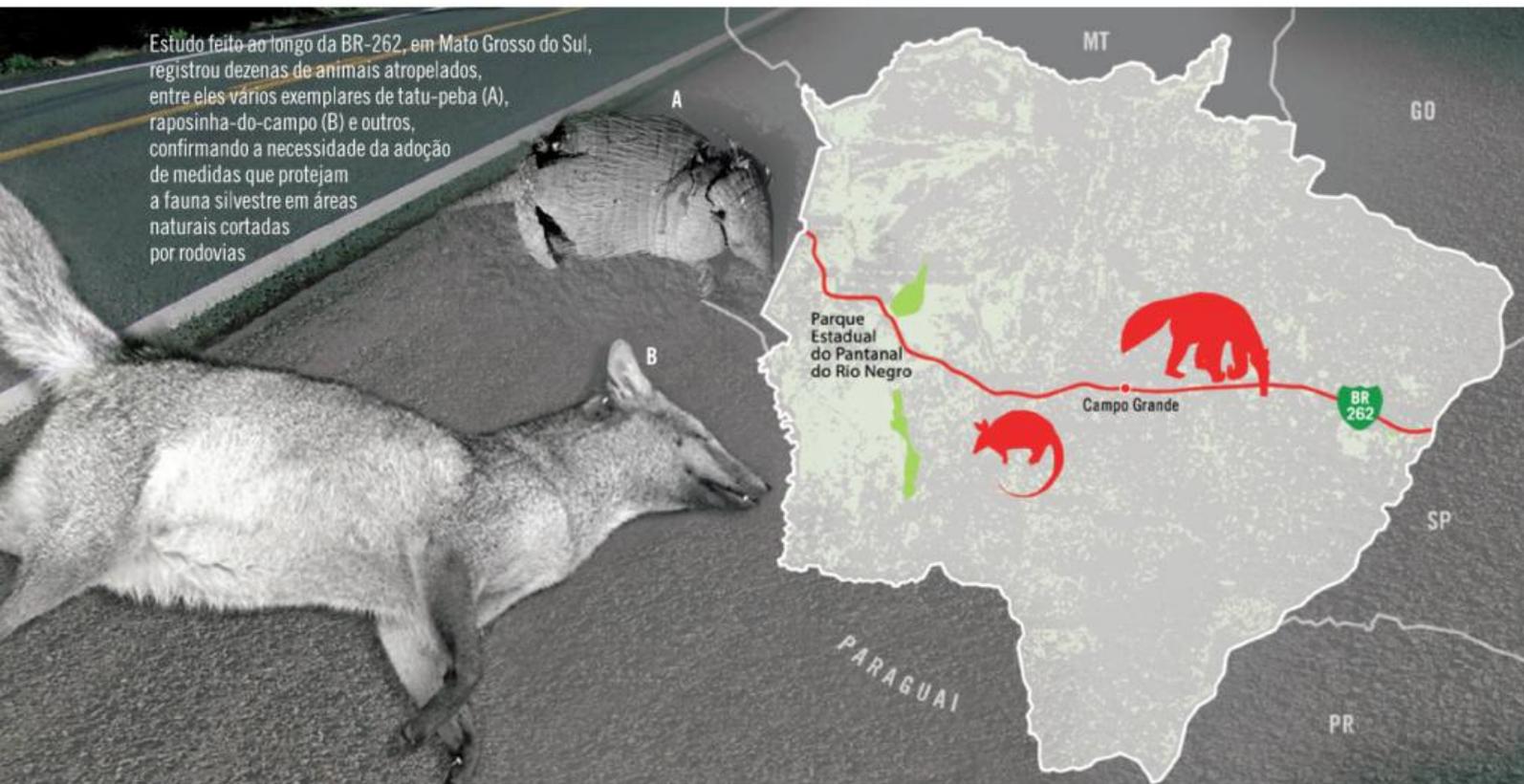
No trecho estudado predomina o cerrado, com sua vegetação típica, de árvores de pequeno e médio porte, troncos e galhos tortuosos e cascas grossas. São vistas ainda na região belas veredas, como são chamados os agrupamentos de palmeiras que acompanham os cursos d'água. O cerrado, bioma exclusivamente brasileiro, ocupa atualmente apenas 35% de sua área original. A perda e a fragmentação de seus habitats, ao forçar deslocamentos cada vez maiores dos animais, também os tornam mais vulneráveis a atropelamentos nas estradas.

Foram registrados 103 atropelamentos de fauna: 64 ocorridos antes das viagens de pesquisa (carcaças em fase avançada de decomposição) e 39 nos 14 dias do estudo. Outras 16 carcaças encontradas não puderam ser

>>>

FOTOS DE HELBERT MEDEIROS PRADO





Estudo feito ao longo da BR-262, em Mato Grosso do Sul, registrou dezenas de animais atropelados, entre eles vários exemplares de tatu-peba (A), raposinha-do-campo (B) e outros, confirmando a necessidade da adoção de medidas que protejam a fauna silvestre em áreas naturais cortadas por rodovias

identificadas, devido à deformação provocada pelo atropelamento e/ou à avançada decomposição do animal.

As 103 carcaças identificadas incluíram oito espécies de mamíferos de médio e grande porte.

O cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) foi a espécie com o maior número de exemplares atropelados – 46, sendo 31 restos mais antigos e 15 mortos nas duas semanas de registro. Esse canídeo, comum em todo o Brasil, tem dieta generalista e se adapta bem a diferentes condições ambientais, inclusive em áreas impactadas por atividades humanas. O cachorro-do-mato também consome carniça, o que certamente o atrai para as rodovias e o deixa ainda mais vulnerável aos atropelamentos.

O segundo, em número de atropelamentos, foi o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), com 15 mortes contabilizadas (12 antigas e três no período do registro). Os atropelamentos em rodovias, a caça e a destruição de habitats são, hoje, as principais ameaças à espécie. Como esse animal precisa se deslocar por grandes áreas em busca de alimento (formigas e cupins, em especial) e tem locomoção lenta, torna-se extremamente vulnerável em paisagens cortadas por rodovias.

Em terceiro lugar nessa trágica lista está o tatu-peba (*Euphractus sexcinctus*), com 10 carcaças registradas, duas de atropelamentos anteriores e oito nos 14 dias do estudo. Essa espécie de tatu tem hábitos basicamente diurnos. Sua dieta é oportunista e inclui grande variedade de alimentos, desde vegetais e invertebrados em geral até pequenos vertebrados. É interessante notar que esses ani-

mais também ingerem carniça (a carne e as larvas envolvidas em sua decomposição), hábito que também os atrai para as rodovias e os expõe ao risco de atropelamento.

A raposinha-do-campo (*Lycalopex vetulus*) teve o quarto maior registro de atropelamentos, com seis mortes, todas no período da pesquisa. Um dos menores e menos estudados canídeos nativos do Brasil, a espécie vive predominantemente na área central do país, é típica do cerrado e prefere ambientes de campo aberto. Tem hábitos em geral noturnos e sua dieta é ampla, incluindo insetos, como formigas, cupins e besouros, frutos e até pequenos vertebrados.

Quatro atropelamentos de antas (*Tapirus terrestris*) foram registrados, dois antes do estudo e dois no período da coleta de dados. Maior mamífero terrestre das Américas, a anta tem hábito solitário e ocorre em baixas densidades. Sua área de vida é extensa, variando de 150 a 400 hectares (1 ha equivale aproximadamente a um campo de futebol). Por isso, é uma espécie altamente vulnerável aos processos de destruição e fragmentação de ambientes naturais. As antas se alimentam de grande quantidade de folhas e caules de plantas, mas também ingerem frutos e sementes. A presença de frutos e grãos de cereais no leito da BR-262, ocasionada por uma logística ineficiente de transporte rodoviário de produtos alimentícios, também pode atrair animais como a anta e aumentar seu risco de morte por atropelamento.

Os três atropelamentos de tamanduás-mirins (*Tamandua tetradactyla*) ocorreram nas duas semanas da

pesquisa. Esse animal, de hábito em geral noturno, ocorre em todos os biomas brasileiros e se adapta bem a ambientes de campo e floresta. Cupins e formigas são seus principais alimentos. Deslocam-se pelo chão, mas também sobem em árvores usando as patas e com auxílio da cauda preênsil.

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), com dois indivíduos mortos, e o tatu-galinha (*Dasyus novemcinctus*), com apenas um registro, foram as espécies menos vitimadas por atropelamentos na BR-262. A capivara, maior roedor do planeta, é muito comum nas áreas em que se distribui pela América do Sul. Reproduz-se ao longo de todo o ano e pode ter até duas ninhadas no mesmo ano. Tem hábito semiaquático e se alimenta principalmente de vegetais. O tatu-galinha, também muito comum nos diferentes biomas brasileiros, tem hábito noturno e se alimenta basicamente de invertebrados.

Na contramão da vida Analisando as informações coletadas, vale salientar, em primeiro lugar, que o número registrado de espécies e de indivíduos atropelados na BR-262 provavelmente está subestimado. Isso porque muitos animais, no ato do atropelamento, podem ser jogados para longe da rodovia, comprometendo o registro, sobretudo em locais onde a vegetação é mais densa. Estudos mostram ainda que muitos animais feridos pelos veículos ainda se deslocam por algum tempo e morrem em locais distantes da estrada. A remoção de algumas carcaças por espécies carniceiras também dificulta a correta contagem dos atropelamentos.

Também é relevante ressaltar que, no caso de certas espécies, as mortes por atropelamento trazem maior preocupação. Entre essas espécies estão a raposinha-do-campo, o tamanduá-mirim e, principalmente, a anta e o tamanduá-bandeira.

A raposinha-do-campo é considerada ameaçada de extinção nos estados de São Paulo e Minas Gerais, segundo o *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*, e seu estado de conservação ainda é desconhecido no Mato Grosso do Sul. Situação parecida com a do tamanduá-mirim, ameaçado nos estados do Rio Grande do Sul e de Minas Gerais – e ainda sem avaliação em Mato Grosso do Sul.

Na última lista oficial da fauna ameaçada de extinção no Brasil, a anta constou como ameaçada em todas as seis listas estaduais existentes (São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro e Espírito Santo). Essa situação de risco é confirmada na mais recente avaliação (julho de 2013) da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), a maior e uma das mais respeitadas organizações conservacionistas do mundo. A baixa taxa reprodutiva da espécie faz com que causas diretas de mortes, como os atropelamentos, sejam ameaças reais às populações de antas ainda existentes.

O tamanduá-bandeira, segundo em número de atropelamentos na rodovia estudada, é oficialmente conside-

rado ameaçado de extinção no Brasil pelo Ministério do Meio Ambiente e também pela IUCN. O animal, cuja distribuição original abrangia a América Central e a América do Sul, é tido, hoje, como provavelmente extinto no Uruguai. No Brasil, não ocorre mais nos estados de Rio de Janeiro e Espírito Santo e mostra declínio populacional no Sul, no Sudeste e no Nordeste.

Os dados ainda são insuficientes, mas o Centro-oeste brasileiro parece abrigar as maiores populações remanescentes da espécie. Condição que torna mais urgente a adoção de medidas de proteção do tamanduá-bandeira no território sul-mato-grossense, incluindo aquelas voltadas para a redução dos riscos para a fauna em rodovias como a BR-262. Algumas estratégias possíveis são, por exemplo, a construção de passagens subterrâneas, com cercas de direcionamento para os animais, e a instalação de placas de indicação de fauna silvestre e de redutores de velocidade nos trechos onde os atropelamentos são mais frequentes.

A malha rodoviária brasileira é imensa, e pesquisas de longo prazo ainda estão em andamento na ecologia de estradas, campo de pesquisa relativamente recente. Tais pesquisas se tornaram mais prementes em razão dos investimentos do governo federal no Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), visando reformar rodovias e construir novas em todas as regiões do país. Segundo o mais recente relatório oficial do PAC (dezembro de 2013), estão em andamento 6.915 km de obras em rodovias. Nesse cenário, espera-se que seja considerado o conhecimento científico sobre os impactos ambientais das estradas, em sua maior parte financiado com verba pública, para que o patrimônio natural, que também é de todos os brasileiros, possa ser resguardado durante a implantação e a continuidade desses projetos.

Enquanto isso, o fluxo de carros e caminhões continua na BR-262, indiferente às suas vítimas corriqueiras, e parece inclusive não se dar conta de que vidas humanas também podem ser perdidas nesses trágicos encontros entre animais e veículos no coração do cerrado sul-mato-grossense. 

Sugestões para leitura

FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A. e outros. *Road ecology: Science and solutions*. Washington, Island Press, 2003.

IUCN. *The IUCN red list of threatened species*, 2013 (lista de espécies ameaçadas no mundo, disponível em <http://www.iucnredlist.org/>).

MACHADO, B. M.; DRUMMOND, G. M. e PAGLIA, A. P. (eds.). *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção* (v. 2). Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2008.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A. e LIMA, I. P. (eds.). *Mamíferos do Brasil*. Londrina, Imprensa UEL, 2006.

O corpo humano carrega enorme quantidade de bactérias, com as quais convive quase sempre em harmonia. Distúrbios nessa comunidade microbiana que habita nosso organismo podem causar doenças, mas outros aspectos de nossas interações com ela vêm sendo desvendados nas últimas décadas. Hoje, sabe-se que a microbiota humana auxilia a ação do sistema imune e a nutrição e parece estar associada às alergias e à obesidade, e outros papéis já são sugeridos pelos cientistas que investigam o tema.

Luís Caetano Martha Antunes

*Centro de Referência Professor Hélio Fraga,
Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz*

A MICROBIOTA

A maior parte dos leitores deste artigo provavelmente se espantará ao saber que a maioria das células presentes em nosso organismo não é humana. Essa maioria não humana é encontrada nas comunidades microbianas riquíssimas que habitam nosso corpo. A existência dessas comunidades é conhecida desde que o holandês Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) observou, em um de seus microscópios, um raspado da superfície de seus dentes e descobriu um grande número de minúsculos seres vivos, com as mais variadas formas.

Nas últimas décadas, o estudo dos micro-organismos que hospedamos cresceu vertiginosamente, dando origem a um novo campo da microbiologia. Desde então, essa comunidade amigável de minúsculos seres vem sendo chamada de microbiota (ou ainda flora, microflora e microbioma, entre outros nomes). Embora não a enxerguemos a olho nu, a microbiota é parte importante de nosso organismo. Estima-se, por exemplo, que mais da metade do material das fezes seja composto por células microbianas.

Calcula-se que, no corpo de um adulto, exista cerca de 1 kg de micróbios. O papel importante desses seres microscópicos fica ainda mais evidente quando comparamos o número de células humanas e microbianas no nosso corpo. Estimativas dizem que há 10 vezes mais micróbios em nossos corpos do que nossas próprias

células. Em outras palavras, quanto ao número de células, somos 90% micróbios e apenas 10% humanos.

Mas a coisa não para por aí. Assim como os humanos, esses micro-organismos também têm seus genes, que determinam como eles vivem e interagem com outros organismos. Se calcularmos o número de genes microbianos presentes em nosso corpo, chegamos à impressionante conclusão de que abrigamos 100 vezes mais genes microbianos do que humanos. Assim, em termos de número de genes, somos 99% micróbios e apenas 1% humanos.

Os micro-organismos que vivem no corpo humano colonizam virtualmente todas as superfícies expostas ao ambiente externo. A microbiota está presente na boca, no estômago, no intestino, nos tratos genito-urinário e respiratório, nos olhos, na pele etc. Embora esta se distribua por todas as áreas de contato com o exterior, a maior parte da colonização (cerca de 70%) ocorre no trato gastrointestinal. Isso se deve em grande parte ao fato de a área das paredes intestinais de um adulto ser equivalente à de uma quadra de tênis – é, portanto, um imenso espaço para interações entre o tecido humano e os micróbios.

Essa associação começa cedo. No instante em que nasce, por parto normal, o bebê é colonizado por bactérias do canal vaginal da mãe. Já bebês que nascem por cesariana têm uma microbiota diferente, composta principalmente por micróbios da pele da mãe e dos profissionais de saúde envolvidos no parto. Após a colonização

HUMANA

inicial, a comunidade microbiana do bebê é simples e instável. Entretanto, após o primeiro ano de vida, a composição desta se estabiliza e se torna semelhante à de um adulto. A partir daí, a microbiota continua evoluindo, mas de forma mais estável.

Além dessa variação no tempo, o conjunto de micro-organismos também exhibe grandes diferenças espaciais. No trato gastrointestinal, por exemplo, cada segmento do tubo digestivo tem micróbios relativamente específicos. No estômago, são comuns bactérias dos gêneros *Lactobacillus*, *Veillonella* e *Helicobacter*. No intestino delgado, predominam estreptococos, actinobactérias e corinebactérias. No intestino grosso, algumas das bactérias mais abundantes são os gêneros *Bacteroides* e *Clostridium*.

A composição microbiana no intestino também varia de acordo com a distância de cada microambiente em relação às paredes do tubo intestinal. A superfície do epitélio intestinal é, com poucas exceções, não colonizada. Já a camada de muco que recobre esse epitélio abriga bactérias características, como as dos gêneros *Clostridium*, *Lactobacillus* e *Enterococcus*. O espaço interno (lúmen) do trato gastrointestinal, por sua vez, é rico em outros gêneros (*Bacteroides*, *Bifidobacterium*), além de enterobactérias em geral. Esses padrões de colonização são influenciados por muitos aspectos, entre eles a distribuição de nutrientes e oxigênio, os níveis de acidez ou alcalinidade e a presença ou ausência de sítios específicos de ligação.

Papéis fundamentais Todas essas observações deixam claro que as bactérias que colonizam o corpo humano devem exercer funções muito importantes. De fato, dezenas de estudos têm demonstrado que elas são fundamentais para a saúde. Grande parte desses estudos usou animais de laboratório, nos quais a microbiota foi de algum modo manipulada.

De início, camundongos eram tratados com antibióticos, que reduziam a níveis mínimos a população microbiana em seu intestino, e os efeitos desse tratamento eram registrados e investigados. Em seguida, foram desenvolvidos métodos mais sofisticados para o estudo da microbiota. Camundongos paridos por cirurgia cesariana eram mantidos em condições totalmente assépticas, na ausência de qualquer tipo de micro-organismo. Esses animais eram chamados de *germ-free* (livres de germes). Durante seu crescimento, em laboratório, diversos aspectos fisiológicos eram monitorados. Estudos como estes levaram à identificação de papéis fundamentais da comunidade microbiana na saúde dos animais (e, por extensão, na saúde humana).

Um exemplo é a função crítica da microbiota na proteção de seus hospedeiros contra a invasão por micro-organismos causadores de doenças. Já era bem conhecida a maior incidência de infecções intestinais em indivíduos tratados com antibióticos. Um dos principais agentes dessas infecções é a bactéria *Clostridium difficile*, que causa a

>>>

colite pseudomembranosa (inflamação do cólon que leva a diarreia e pode ser fatal). O surgimento dessa colite está associada ao uso de antibióticos de amplo espectro.

C. difficile pode ser encontrada na microbiota intestinal humana, e em geral não causa qualquer dano ao hospedeiro. No entanto, quando um antibiótico é usado para tratar uma infecção, esse conjunto de micro-organismos é severamente alterado, o que propicia a expansão de *C. difficile* no intestino do hospedeiro. Como essa bactéria produz fatores de virulência, inclusive toxinas, o aumento de sua população desencadeia a colite pseudomembranosa.

Além dessas observações clínicas, estudos de laboratório, nas décadas de 1950 e 1960, confirmaram que o uso de antibióticos pode aumentar a sensibilidade a infecções intestinais. Camundongos tratados com estreptomicina, que apresentaram alterações drásticas na composição da microbiota intestinal, foram então infectados com a bactéria *Salmonella*, que causa gastroenterite em humanos, e os cientistas verificaram que os distúrbios na comunidade microbiana tornaram os animais muito mais suscetíveis à infecção por essa bactéria, assim como no caso de *C. difficile*.

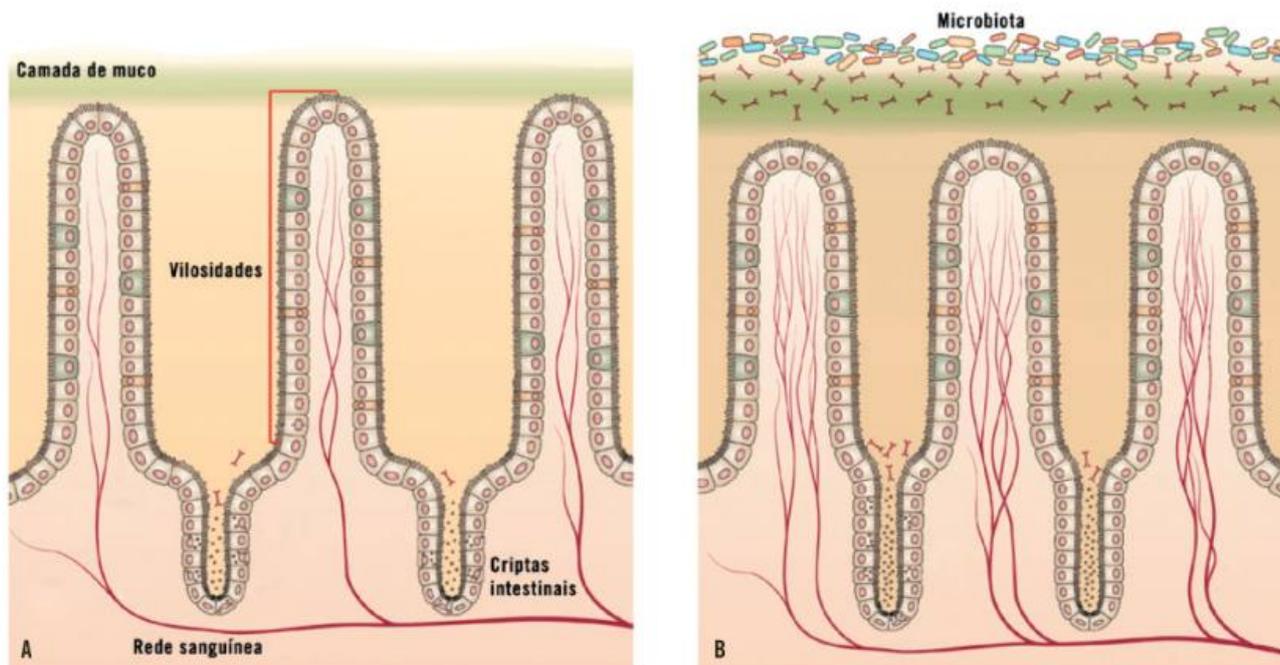
Os mecanismos envolvidos na proteção gerada pela microbiota ainda são em grande parte desconhecidos. Acredita-se que essas bactérias funcionem como exímios competidores por nutrientes e sítios de ligação. As bactérias benéficas impediriam os agentes patogênicos de encontrar receptores e se ligar às células do intestino, levando à rápida eliminação destes. Além disso, a alta carga microbiana deixaria poucos nutrientes disponíveis para os agentes patogênicos que achessem um sítio de ligação. No entanto, muitos outros possíveis mecanismos são discutidos atualmente.

Linha de defesa Outro papel importante da microbiota intestinal desvendado nas últimas décadas está no desenvolvimento do sistema imune. O sistema imune é um conjunto de células, tecidos e órgãos que defende nosso organismo contra agressões, incluindo moléculas estranhas e micro-organismos causadores de doenças. As conclusões iniciais sobre a contribuição da comunidade microbiana para esse sistema tão crítico para a nossa saúde também vieram da observação de animais livres de germes.

Nas últimas décadas, pesquisadores vêm notando que vários aspectos do sistema imune são alterados nesses camundongos, se comparados aos que têm a microbiota intacta. A proporção dos diversos tipos de células do sistema imune, por exemplo, é modificada em animais sem germes. Como cada uma dessas células tem função específica no controle de infecções, mudanças em sua distribuição podem aumentar a sensibilidade a micro-organismos patogênicos.

Além disso, a microbiota influencia também a estrutura física de componentes do sistema imune. Órgãos críticos para esse sistema, como o baço, os nódulos linfáticos e as placas de Peyer (pequenos tecidos do sistema imune presentes no intestino) são mal desenvolvidos em animais sem germes. Esses animais também apresentam redução no número de células produtoras de anticorpos e nos níveis de anticorpos no organismo.

Um desdobramento recente e interessante da descoberta do papel da microbiota no funcionamento do sistema imune humano é a observação de que a incidência de doenças alérgicas (diretamente ligadas à atividade do



No intestino delgado de camundongos gerados sem germes (A), as vilosidades são mais compridas e mais finas, a rede de vasos sanguíneos associada é menos desenvolvida, as criptas intestinais são menos profundas e a camada de muco é mais estreita. Essas diferenças, em relação a animais com microbiota normal (B), têm reflexos na absorção de alimentos, no sistema imunológico e em outros aspectos

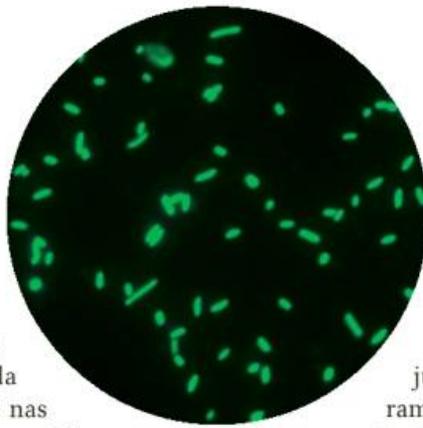
sistema imune) cresceu de modo drástico nas últimas décadas. Isso aconteceu, portanto, depois que o uso de antibióticos tornou-se corriqueiro na prática médica. Alguns pesquisadores lançaram a hipótese de que esse aumento nas doenças alérgicas decorre do fato de os seres humanos estarem cada vez mais 'limpos', devido às melhorias nas condições de higiene pessoal, às políticas públicas de saneamento básico e ao uso de antibióticos. Reforçando essa hipótese, a incidência de doenças alérgicas cresceu principalmente nos países mais desenvolvidos, com índices menores nos países onde as condições de saúde ainda são precárias.

Nutrição e obesidade Outra função crítica da microbiota revelada por estudos recentes está na nutrição. Estudos com camundongos sem germes mostraram que, para manter seu peso, eles precisam comer mais do que camundongos com uma comunidade interna 'normal'.

Anos de pesquisa revelaram ainda que a comunidade microbiana intestinal afeta de vários modos a capacidade de o organismo humano extrair energia de sua dieta. Um dos mecanismos é a degradação de carboidratos complexos, que os humanos não conseguem fazer. Com isso, a microbiota disponibiliza muitos açúcares simples para uso por nossas células. Outro é a regulação da ação de enzimas humanas que degradam moléculas dos alimentos. Na ausência da comunidade microbiana, essas enzimas não são produzidas, de modo que o conjunto dos micro-organismos atua como um sinal para o corpo humano de que deve sintetizá-las. A microbiota ativa ainda a absorção de gorduras pelo organismo (e induz o armazenamento em tecido adiposo) e produz vitaminas essenciais à saúde, entre muitos outros papéis.

Os estudos que levaram a tais conclusões geraram outros dados interessantes sobre o papel da microbiota intestinal na nutrição. Grande parte desses estudos foi feita pelo grupo do médico e biólogo Jeffrey Gordon, da Universidade Washington (em Saint Louis), nos Estados Unidos. Usando camundongos com uma mutação que os deixa obesos, por exemplo, Gordon e equipe verificaram que a comunidade de micróbios do intestino de animais obesos é distinta da existente em animais magros. Seus trabalhos revelaram, especificamente, que camundongos geneticamente obesos têm quantidade maior de bactérias do grupo *Firmicutes* e menor do grupo *Bacteroidetes*.

É importante ressaltar que outras pesquisas mostraram que a mesma diferença ocorre em humanos: a proporção de *Firmicutes* e *Bacteroidetes* em sua microbiota também é alterada em indivíduos obesos. Mais surpreendente foi o achado de que, nos camundongos obesos submetidos a uma dieta, a comunidade microbiana mudava para a versão 'magra'. Além disso, transplantes de



Microbiota intestinal de camundongo, em imagem obtida por microscopia

microbiota 'magra' para camundongos sem germes resultaram em animais magros, enquanto os que receberam a versão 'obesa' do conjunto de micróbios também se tornaram obesos.

Embora muitos aspectos dessas interações entre a comunidade microbiana e o organismo hospedeiro não sejam compreendidos, sabe-se hoje que a determinação da obesidade pela microbiota intestinal se deve ao maior repertório de enzimas capazes de degradar os alimentos. Assim, quanto maior a capacidade de degradar alimentos dessa microbiota, maior será o ganho metabólico do hospedeiro e, portanto, maior a chance de se tornar obeso. É claro que muitos outros fatores estão envolvidos na obesidade, entre eles as características genéticas e os níveis de atividade física do indivíduo.

Em suma, os achados recentes aqui descritos indicam que a microbiota humana continuará a ser alvo de intensa investigação, e o grande estímulo para isso é sua importância para a saúde humana. O tema é relevante não só para a ciência básica, que busca entender os processos biológicos envolvidos, mas também para a ciência aplicada, que poderá usar esse conhecimento para desenvolver novos métodos de diagnóstico e de tratamento de doenças. Seja qual for a intenção da pesquisa, é impossível não se maravilhar com a complexidade e a amplitude dos mecanismos envolvidos nas interações entre os humanos e seus inquilinos microbianos. **Gi**

INVESTIGANDO NOSSOS HÓSPEDES

O autor participou de estudos sobre sinalização química entre bactérias e sobre a atuação da microbiota no metabolismo e no sistema imune humano, durante seu doutorado e pós-doutorado, e suas linhas de pesquisa atuais incluem as áreas de patogênese bacteriana, interações patógeno-hospedeiro, sinalização química microbiana e biologia de sistemas, com foco em interações de bactérias patogênicas com a microbiota residente do organismo humano.

Sugestões para leitura

ANTUNES, L. C. M. 'Os micróbios e a obesidade', em *Ciência Hoje*, v. 47, nº 280, p. 70, 2011.

MALUZ, M. C. 'A importância da microbiota no sistema imunológico', em *Pediatria Moderna*, v. 48, nº 10, p. 387, 2012.

SEKIROV, I.; RUSSELL, S. L.; ANTUNES, L. C. e FINLAY, B. B. 'Gut microbiota in health and disease', em *Physiological Reviews*, v. 90, nº 3, p. 859, 2012.

DO RISCO DE EXTINÇÃO À INVASÃO

OS DOIS EXTREMOS DA AROEIRA

As invasões biológicas, seus efeitos e como lidar com o problema são temas debatidos hoje por ambientalistas, agricultores, cientistas e políticos em todo o mundo. Tradicionalmente, espécies invasoras não são nativas que se beneficiam de condições e recursos adequados e ausência de inimigos naturais, e expandem suas populações por grandes áreas, causando danos à biodiversidade da área ocupada. No entanto, espécies nativas também mostram comportamento semelhante, gerando problemas ecológicos, socioambientais e econômicos. É o que mostra o exemplo da aroeira, em alguns locais do país.

Flávia Maria da Silva Carmo

*Departamento de Biologia Geral,
Universidade Federal de Viçosa, UFV*

France Maria Gontijo Coelho

Departamento de Extensão Rural, UFV

Helder Ribeiro Freitas

Colegiado de Engenharia Agrônômica, UFV

Carlos Frankl Sperber

Departamento de Biologia Geral, UFV

Og de Souza

Departamento de Entomologia, UFV

PARTICIPARAM DO PROJETO QUE DEU ORIGEM AO ARTIGO:

Raphael Marinho Siqueira, Rafael Polizel,
Ana Paula de Freitas, Cláudio Marchioli DelPoste,
Guilherme Lourenço, Felipe Pinho de Oliveira,
José Henrique Schoereder e João Paulo Viana Leite.
Projeto financiado pela Fapemig.

Em seu livro *A origem das espécies* (1859), o inglês Charles Darwin (1809-1882) diz que todas as espécies têm potencial para dominar a Terra com suas populações e só não o fazem porque são contidas pelo que Darwin chamou de 'luta pela existência'. Esta ocorre entre indivíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes, por meio de processos de competição, predação, parasitismo e doenças, principalmente. Essas interações biológicas dificultam o adensamento da população de um animal ou vegetal, ao eliminar grande parte dos descendentes gerados e afetar a reprodução dos sobreviventes.

Além disso, eventos ao acaso, como secas, inundações, fogo etc., também contribuem para a morte de muitos indivíduos. O resultado da atuação desses fatores – biológicos ou não – é a regulação dinâmica dos tamanhos das populações que coexistem em equilíbrio em determinado local, formando as comunidades.

Distúrbios que levam a alterações nas condições ambientais, climáticas e/ou biológicas podem romper esse equilíbrio, promovendo a extinção local de algumas espécies. Essa circunstância possibilita a entrada de ou-



Figura 1. Aroeira adulta em início de reposição de folhas após o período seco, em que a árvore perde a folhagem (A). Nos detalhes, ramo com frutos (B), considerados frutos-sementes, que apresentam um cálice persistente que facilita a dispersão pelo vento (C)

tras espécies que não existiam ali e também o adensamento de populações das já existentes, que se beneficiam do relaxamento do controle populacional antes exercido pelos indivíduos das populações diminuídas ou eliminadas.

Nos ambientes alterados, indivíduos que apresentam adaptações para resistir às perturbações se reproduzem mais e melhor, o que aumenta sua população e, em consequência, sua ocupação do espaço. Quando uma espécie ocupa de modo quase exclusivo uma área extensa por longo tempo, ela é chamada monodominante e, embora não seja exótica, pode ser considerada invasora nativa local. Nessa situação particular, ela é responsável pelo mesmo efeito de diminuição local da biodiversidade, por impedir o estabelecimento de outras espécies. Esse é o caso das aroeiras na região do médio rio Doce, em Minas Gerais, e no norte do Espírito Santo.

Espécie vulnerável A aroeira (*Myracrodruon urundeuva*, sinônimo de *Astronium urundeuva*) é uma espécie da família botânica Anacardiaceae, que vive em áreas

expostas ao Sol, perde as folhas nos períodos mais secos do ano e prefere terrenos mais bem drenados, secos e rochosos. A árvore adulta pode atingir até 30 m de altura, variando de tamanho de acordo com o local de ocorrência. Sua floração acontece entre julho e setembro e a polinização das flores é feita principalmente por abelhas. Os frutos amadurecem entre setembro a outubro e a dispersão das sementes é feita pelo vento (figura 1).

A espécie ocorre do Ceará ao Paraná, incluindo o Centro-oeste e Rondônia, em densos agrupamentos, tanto em formações vegetais abertas e secas, como na caatinga e no cerrado, quanto naquelas fechadas e úmidas, como na mata atlântica. É muito usada na medicina popular: das raízes são feitos chás para o tratamento do reumatismo, à entrecasca do tronco são atribuídas pro-

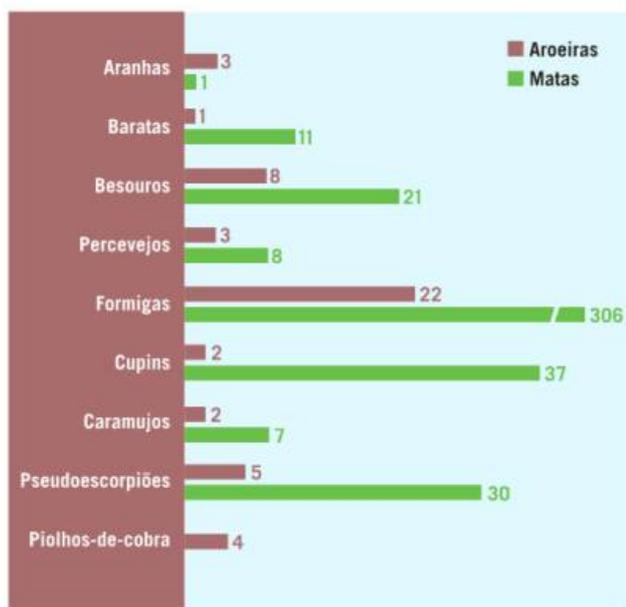
>>>

priedades anti-inflamatórias, adstringentes, antialérgicas e cicatrizantes, e as folhas são empregadas no tratamento de úlceras.

Além disso, sua madeira é muito resistente: 1 cm³ de aroeira suporta uma carga de até 750 kg. Em função da durabilidade e dificuldade de decomposição, é muito usada na construção civil, em postes, mourões de cercas e dormentes para ferrovias, e também na confecção de móveis de luxo e adornos torneados. E sua rusticidade a torna potencialmente promissora para uso na recuperação de áreas naturais degradadas.

Essas características levaram à superexploração da aroeira, no passado, o que diminuiu drasticamente as populações naturais. Para evitar a extinção da espécie, ações legais foram adotadas e, desde setembro de 1991, com a publicação da portaria normativa 83, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), estão proibidos o corte e a exploração da aroeira. A árvore só pode ser manejada nas chamadas florestas secundárias mediante a aprovação, pelo Ibama, de um plano de manejo florestal. Além disso, em abril de 1992 a portaria normativa 37 reconheceu a espécie como vulnerável à extinção nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Espírito Santo, Mato Grosso, Maranhão e Piauí.

Da ameaça à monodominância Na região do vale do rio Doce, a leste de Minas Gerais, porém, o panorama é outro, caracterizado por um processo de monodominância da espécie. Há cerca de 50 anos, as populações de aroeira vêm se expandindo, ocupando áreas extensas de pastos e de lavouras em pousio (sem plantio, para descanso da terra) e gerando os chamados 'aroeirais'.



O vale do rio Doce era, originalmente, dominado pela mata atlântica. A partir da década de 1940, a ocupação e o uso da terra, com o intenso desmatamento dos 'mares de morros' e a exploração da pecuária extensiva, alterou fortemente a dinâmica ecológica desses ecossistemas, contribuindo para seu desequilíbrio. Além disso, é hábito corriqueiro, entre agricultores e produtores rurais da região, o uso do fogo para a limpeza das áreas naturais, seguindo-se a implantação de pastagens, da agricultura extensiva ou de cultivos para consumo dos próprios camponeses, feitos quase sempre de maneira insustentável ou predatória. Essas práticas têm levado ao abandono de muitas áreas em pouco tempo, devido ao rápido esgotamento químico dos solos, que ainda se tornam mais suscetíveis à erosão.

Nesses ambientes, onde competidores e inimigos naturais foram eliminados, a aroeira encontrou condições ideais para a expansão rápida e descontrolada de suas populações, o que também pode estar sendo facilitado pelas condições climáticas. No vale do rio Doce, a temperatura média anual é alta e as chuvas se concentram entre novembro e janeiro, ficando o resto do ano praticamente sem chuvas, o que inviabiliza a sobrevivência de muitas espécies vegetais. A aroeira, no entanto, resiste aos períodos secos e tolera altas temperaturas.

Fauna menor em aroeirais Os efeitos ecológicos dessa monodominância da aroeira e suas características foram investigados com o objetivo de detectar se a biodiversidade, nos aroeirais, está sendo negativamente afetada. Para isso, foram coletados os animais associados ao folheto sob fragmentos de floresta secundária nativa e sob povoamentos densos de aroeira, e foram analisadas as características químicas e microbiológicas dos solos dessas áreas. Realizaram-se ainda testes para verificar se extratos de folhas de aroeira têm efeito inibitório sobre a germinação de sementes de algumas outras espécies de plantas. Os dados foram coletados em Tumiritinga (MG), de novembro de 2009 a julho de 2011.

Associado ao folheto, tanto sob as aroeiras quanto sob a mata nativa, foram coletadas aranhas, baratas, percevejos, besouros, caramujos, cupins, formigas e falsos escorpiões, mas na mata foram encontrados mais indivíduos de cada grupo em relação aos aroeirais (figura 2). Nos aroeirais, em muitos pontos de amostragem, não foi encontrado qualquer animal no folheto. Isso indica que nessas áreas há poucos recursos para sustentar populações maiores dessas espécies, embora pareça não haver restrições à presença desses animais.

Figura 2. Grupos de animais observados no folheto, sob mata nativa diversa e sob monodominância de aroeiras em Tumiritinga. Dados obtidos de quatro coletas, executadas a intervalos de cerca de 90 dias, entre 2009 e 2010. O gráfico mostra parte dos grupos animais coletados (os números foram muito pequenos em outros grupos)

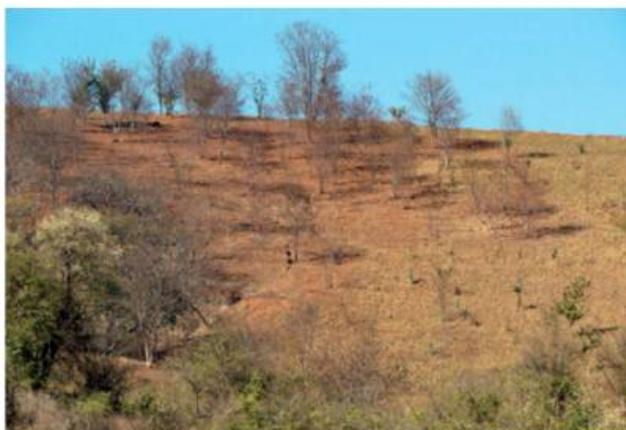


Figura 3. Áreas com monodominância de aroeira em Tumiritinga, evidenciando a ausência de outro tipo de vegetação e a exposição do solo sob as árvores

Quimicamente, os solos das áreas dominadas por aroeiras também não são muito diferentes dos existentes sob a mata nativa, embora tenha sido constatado que nos solos dessas matas há maiores teores de matéria orgânica e de argila. Esse fato, associado à pobreza de micro-organismos, pode contribuir para a degradação do solo da área. Além disso, os extratos de folhas de aroeira inibiram a germinação das sementes testadas. Esse pode ser também o motivo pelo qual plantas de outras espécies são raras nos aroeirais.

Prejuízo humano e ambiental Expansões populacionais de plantas nativas, formando monodominâncias, não são raras e têm sido registradas também na África, na Ásia e na Oceania. No Brasil, são exemplos os cambarazais (*Vochysia divergens*) do pantanal mato-grossense, as florestas dominadas por conduru-de-sangue (*Brosimum rubescens*), também no Mato Grosso, e por pau-roxo (*Peltogyne gracilipes*), na ilha de Maracá (RR).

O que torna o caso das aroeiras especial é sua condição de espécie legalmente ameaçada de extinção, mas que na região estudada exibe monodominância, com efeitos danosos ao ambiente e aos grupos sociais que convivem com essa árvore. O desafio é o de encontrar explicações ecológicas para o processo de prevalência das aroeiras e elaborar formas de, ao mesmo tempo, proteger essa espécie e garantir a sobrevivência dos agricultores que vivem nesses ambientes.

A situação no vale do rio Doce é especialmente grave porque a ocorrência dos aroeirais coincide com áreas empobrecidas e que comportam grandes desigualdades sociais no acesso a recursos e à terra. Isso também acontece no leste de Minas Gerais e oeste e norte do Espírito Santo. Nessas regiões, o índice de desenvolvimento humano (IDH) é em média 0,692, comparável ao de alguns países africanos. A situação é ainda mais grave considerando o contexto dos assentamentos rurais para fins de reforma agrária, como no município de Tumiritinga, onde existem atualmente três assentamentos com terras dominadas por aroeiras.

Na prática, a aroeira tornou-se um grande problema onde ocorre em abundância. Embora as prefeituras das cidades atingidas pelos aroeirais e os órgãos estaduais responsáveis estejam cientes e preocupados, a situação persiste, em especial devido ao pouco conhecimento sobre o manejo da espécie, o que dificulta a orientação aos agricultores sobre como controlar sua expansão. Somando-se a isso, é notória a ausência de adequação e de atualização da legislação vigente.

Em questões ambientais, em especial aquelas que lidam com a distribuição geográfica de espécies e suas abundâncias populacionais, há que se preocupar com o monitoramento constante das situações problemáticas, já que estão em constante mudança. Alterações locais – do uso da terra, por exemplo – e regionais e globais, como transposições de cursos de rios e mudanças climáticas, podem promover grandes modificações na distribuição espacial das populações, na riqueza local de espécies e no número de indivíduos de suas populações.

São, portanto, situações dinâmicas que requerem também adequações da legislação, no sentido de garantir de fato sua eficácia. As normas devem acompanhar e contemplar essas mudanças, para evitar que os prejuízos ambientais e humanos se acirrem e se tornem irreversíveis. ■

Sugestões para leitura

BAGGIO, A. J. 'Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural', em *Boletim de Pesquisa Florestal*, nº 17, p. 25m 1988 (disponível em <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim17/baggio.pdf>).

MURTA, R. O.; OLIVEIRA, F. P. e COELHO, F. M. G. 'A monodominância da aroeira no médio rio Doce-MG, sua tutela jurídica e a identificação de uma situação problema', em *Revista Vitas*, nº 3, junho de 2012 (disponível em <http://www.uff.br/revistavitas/images/A%20MONODOMINANCIA%20DA%20AROEIRA.pdf> www.uff.br/revistavitas).

PROJETO ÁGUAS DO RIO DOCE. 'Desequilíbrio: A invasão da aroeira no médio rio Doce', em *Revista Águas do Rio Doce*, nº 7, p. 43, 2007.



Por que envelhecemos? E como isso acontece?

Soam como duas daquelas perguntas respondidas há muito pela ciência, não? No entanto, desde que foram lançadas, há mais de um século, ambas permanecem em aberto.

Hoje, várias teorias evolucionárias competem entre si para tentar responder a essas duas questões. Nessa tarefa, especialistas têm contado, nos últimos anos, com a ajuda de um modelo computacional que busca explicar características comuns dos processos de envelhecimento, usando, para isso, dados relativos a populações humanas.

Thadeu Penna
*Instituto de Ciências Exatas,
Universidade Federal Fluminense*

POR QUE

O envelhecimento de um organismo corresponde ao acúmulo de mudanças que ocorrem ao longo do tempo. Os sinais desse processo incluem a diminuição da capacidade de recuperação aos danos nos tecidos ou sistemas, declínio na capacidade reprodutiva, redução da mobilidade, entre outros.

Porém, nem todos os sintomas do envelhecimento são ruins: cabelos grisalhos ou calvície não diminuem a viabilidade do indivíduo, mas a perda de elasticidade das artérias pode levar ao estreitamento das mesmas e, em consequência, ao entupimento.

Sabe-se que vários fatores contribuem para o processo de envelhecimento (ou senescência). Entre eles, fatores fisiológicos, genéticos, comportamentais e culturais, como a dieta. O envelhecimento aparece, então, como fator limitante na expectativa de vida de uma população. Embora esta última tenha aumentado nos últimos 100 anos, a máxima expectativa de vida subiu apenas 1,8% desde 1960.

Diferentemente das doenças que afetam nossa longevidade, o envelhecimento ocorre praticamente: i) em todos os animais multicelulares; ii) nas idades além da



ENVELHECEMOS?

maturidade; iii) mesmo sob proteção contra predadores, mudanças de ambientes etc.; iv) com as mesmas causas moleculares. Nenhuma doença conhecida apresenta essas propriedades. Por isso, estudar o envelhecimento apenas por meio das doenças que atingem os organismos não ajudará na total compreensão do problema.

A expectativa de vida é extremamente dependente da espécie, isto é, espécies parecidas em vários aspectos podem ter diferentes longevidades. Plantas podem ser anuais, como as ervilhas, ou atingir quase 5 mil anos, como os pinheiros Matusalém, de aproximadamente 4,8 mil anos de idade que ainda vivem nas montanhas White, na Califórnia (EUA), e Prometheus, cortado em 1964, com aproximadamente 5 mil anos.

Mesmo considerando indivíduos de uma mesma espécie, há consideráveis variações de longevidades (figura 1). Enquanto o sul da África é a região com a menor expectativa de vida do planeta – por causa, principalmente, do alto índice de contaminados com o HIV (vírus da Aids) –, as de maior longevidade – com médias que chegam a ser o dobro daquelas do sul do continente africano – estão em países desenvolvidos.

Porém, mesmo em espécies tão diferentes quanto humanos e mosca-das-frutas (*Drosophila*), encontramos uma propriedade que parece universal: o crescimento exponencial das taxas de mortalidade com a idade. Isso já é conhecido desde o século 19, como observado, em 1825, pelo matemático e atuário inglês Benjamin Gompertz (1779-1865) – e, por isso, ganhou o nome de lei de Gompertz.

Discutir os mecanismos por trás desse fenômeno universal e de outras características dos processos de envelhecimento é o propósito deste artigo.

Como? Apesar das várias perguntas a serem respondidas quanto ao envelhecimento, vamos nos concentrar aqui em duas delas, para classificar as teorias existentes: i) a questão ‘como envelhecemos?’, sobre os fenômenos responsáveis pela perda de certas habilidades com a idade; ii) ‘por que envelhecemos?’, isto é, se o envelhecimento é mesmo uma consequência natural de estarmos vivos.

Há teorias associadas ao envelhecimento celular baseadas na capacidade limitada de reposição ou regeneração: a maioria dos neurônios não é reposta, mas células

>>>

epiteliais têm grande capacidade de substituição, mesmo em idades mais avançadas. Em 1961, o pesquisador norte-americano Leonard Hayflick notou que células em cultura se reproduziam um número finito de vezes – e é natural associar o envelhecimento a essa capacidade limitada de reprodução das células. Esse limite depende da função da célula e da espécie. Por exemplo, o número de divisões dos fibroblastos (células que formam o ‘esqueleto’ de sustentação de órgãos e tecidos) pode variar de 14 a 28 para camundongos a mais de 100 para tartarugas (figura 2).

Embora pareça estar relacionada à longevidade de espécies diferentes, essa teoria de morte programada das células depois de certo número de divisões não explica a variação de longevidade em uma mesma espécie – afinal, deveríamos esperar que indivíduos de uma população morressem aproximadamente na mesma idade.

Também o sistema imunológico é afetado pelo envelhecimento, com o declínio na capacidade em distinguir entre corpos estranhos e nativos. Não só o corpo fica menos resistente às doenças, como aumenta o risco de o próprio organismo ser reconhecido como inimigo, como ocorre nas chamadas doenças autoimunes.

Em resumo: há uma plêiade de fatores importantes e decisivos no processo de envelhecimento. Algumas ideias explicam alguns resultados, mas falham em um aspecto mais geral de compreensão do envelhecimento.

Por exemplo, como organismos fisiologicamente parecidos podem ter tão diferentes expectativas de vida ou taxas de mortalidade?

Para tentar responder a essa pergunta, há teorias mais preocupadas em saber por que envelhecemos.

E por quê? As teorias de ‘como envelhecemos’ tratam de uso e desgaste, mutações somáticas (as que ocorrem na duplicação do DNA), radicais livres, hábitos, resposta hormonal etc. Já as teorias de ‘por que envelhecemos’ lidam com fatores ligados à genética, evolução e seleção natural.

Um dos primeiros a considerar o problema de envelhecimento foi o naturalista britânico Alfred Wallace (1823-1913), que sugeriu que a sobrevivência muito além da idade de reprodução seria uma desvantagem para a espécie, pois os pais iriam competir com os filhos pelos recursos disponíveis.

Há dois problemas básicos com relação a essa teoria de morte programada para evitar a competição de recursos com a prole: i) temos uma hipótese para o propósito; porém, ainda não temos o mecanismo; ii) o raciocínio é circular: a senescência existe para que indivíduos jovens assumam os lugares dos mais velhos; no entanto, se não existisse senescência, não haveria necessidade de reposição. Mais: o envelhecimento pode ser vantajoso para a linhagem, mas não para o indivíduo. Como indivíduos

THE WORLD FACTBOOK, CIA

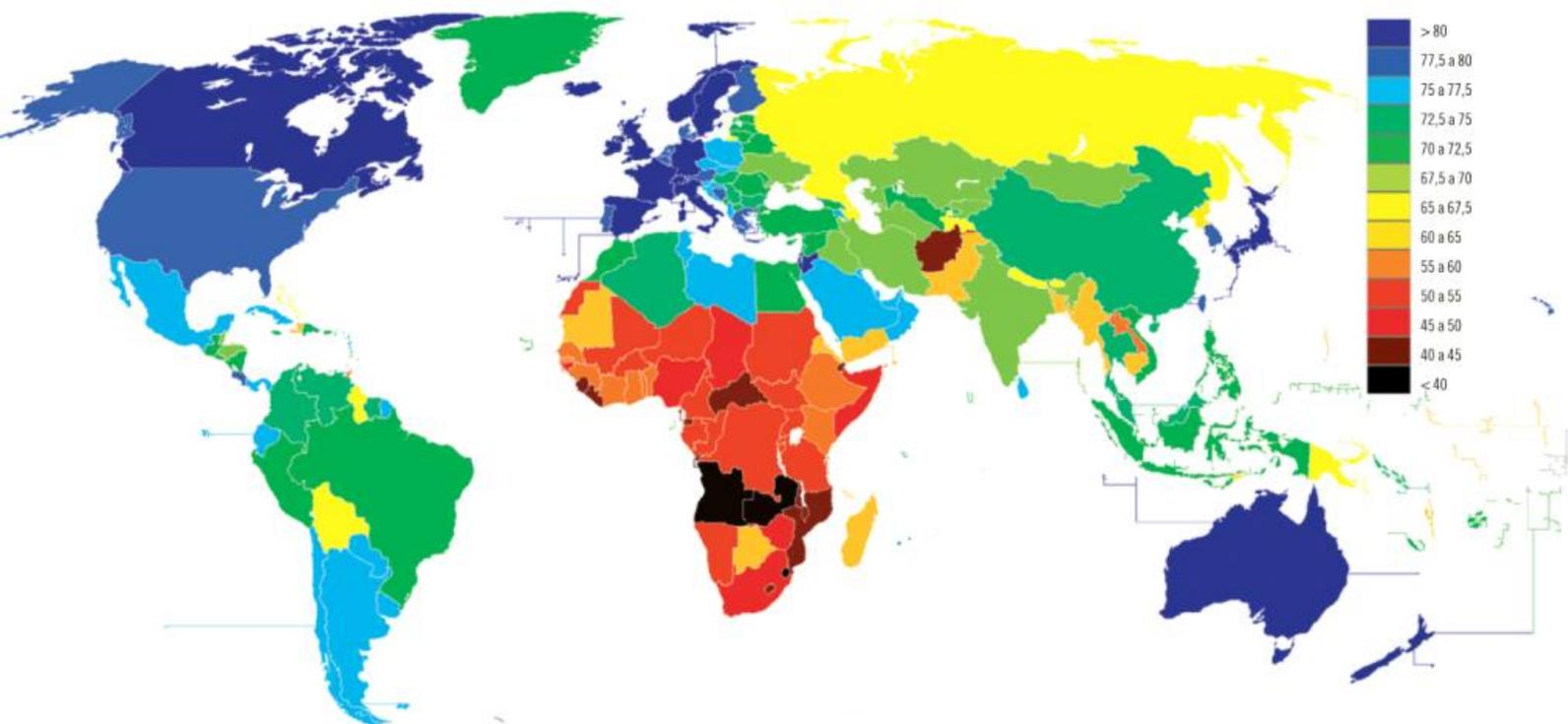


Figura 1. Expectativa de vida média em 2008. A região de menor expectativa está concentrada no sul do continente africano, enquanto as de maior expectativa estão espalhadas

são substituídos mais rapidamente que as famílias, é de se esperar que a seleção agisse mais fortemente no indivíduo que nas famílias deste. Portanto, esse efeito – se existente – deveria ser fraco.

Essas questões ficaram em aberto até 1952, quando o biólogo Peter Medawar (1915-1987) tratou do problema no livro *An unsolved problem in biology* (*Um problema não resolvido em biologia*) – Medawar nasceu em Petrópolis (RJ) e ganharia o Nobel de Medicina em 1960 por seus trabalhos sobre rejeição em órgãos transplantados.

A ideia original de Medawar é que a pressão evolutiva é maior no período anterior à idade de reprodução e menor depois dela, pois a informação genética já teria sido passada adiante. Assim, doenças que diminuem a probabilidade de um indivíduo permanecer vivo – e que ocorreriam antes da idade de reprodução – têm maior chance de serem removidas por seleção natural do que aquelas manifestadas em idades mais avançadas.

Essa hipótese tornou-se a chamada teoria do acúmulo de mutações, como a conhecemos hoje. Uma importante consequência, segundo essa teoria, é que, além da presença do gene, é importante o tempo (idade) em que esse gene vai se manifestar (ou se expressar, como preferem os biólogos). O envelhecimento é, então, uma competição entre: i) a criação de mutações maléficas (ou 'deletérias'), ou seja, as que diminuem a capacidade do organismo; ii) a remoção delas pela seleção natural; iii) o tempo que leva para esses genes se manifestarem – o que também pode depender de fatores genéticos; e iv) a idade da reprodução.

Outra teoria evolucionária para o envelhecimento foi proposta pelo norte-americano George Williams (1926-2010): a teoria da pleiotropia antagonista. Pleiotropia é a propriedade de um gene que se expressa em mais de uma característica do indivíduo. Williams notou que genes pleiotrópicos podem ser benéficos nas primeiras idades e maléficos nas mais avançadas – daí, o antagonismo.

Por afetarem um número maior de traços, a pressão evolutiva sobre os genes pleiotrópicos é grande. Exemplo desse tipo de gene é o que controla a produção de testosterona nos homens: enquanto tem efeitos positivos nas primeiras idades – inclusive aumentando a chance de reprodução –, a maior quantidade desse hormônio em idades avançadas pode induzir o câncer de próstata. Outro gene é o *p53*, que faz com que células danificadas parem de se dividir ou induz nelas um processo que as leva à morte (apoptose). Esse gene previne o câncer em idades mais jovens, mas pode ser responsável pelo envelhecimento ao diminuir a capacidade de regeneração em idades avançadas.

Outra teoria evolucionária é a do soma descartável. Seu idealizador, o biólogo sul-africano Thomas Kirk-

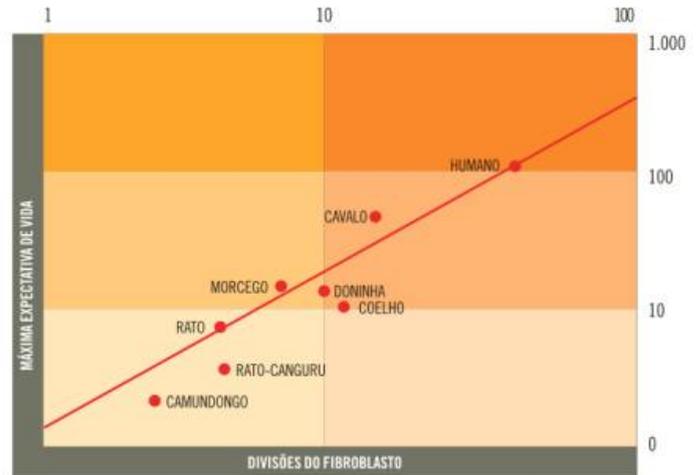


Figura 2. Máxima expectativa de vida para alguns mamíferos contra o número máximo de divisões de fibroblastos. Em mamíferos, quanto maior essa capacidade de divisão, maior a longevidade

wood, propõe que os organismos fazem um balanço energético entre manter o corpo ('soma') e se reproduzir. Organismos que investem na maturação (soma) acumulam mais danos, pois o corpo não os pode reparar. Já espécies como os ratos, que são presas, investem mais energia na reprodução do que na longevidade. Humanos, por outro lado, podem investir mais na vida após a maturidade, pois alocam mais recursos na reparação dos danos. Nesse caso, a fertilidade é menor.

Simulando o envelhecimento As teorias evolucionárias para o envelhecimento são bastante testadas experimentalmente, parecendo ser compatíveis com alguns experimentos e falhando em outros. Em 1995, um modelo computacional baseado na teoria do acúmulo de mutações foi apresentado e, desde então, tem sido aplicado a vários problemas em que a idade tem um papel importante no comportamento da população. A principal virtude desse modelo é que, ao ter como base apenas uma das teorias (acúmulo de mutações), pode indicar onde esse efeito é mais importante. Em particular, a reprodução da característica exponencial da mortalidade é uma delas.

A ideia principal do modelo é tentar explicar características comuns dos processos de envelhecimento, com o menor número de hipóteses e fatores possível. Vamos considerar uma população de indivíduos, cada um representado por uma sequência de 0s e 1s. Cada posição na sequência representa um intervalo de tempo na vida do indivíduo. O valor '1' do bit em uma posição representa a expressão de uma doença (naquela idade) que vai diminuir a viabilidade do indivíduo. Considerar doenças com apenas um nível de agressividade é uma simplificação brutal, mas pode ajudar a entender por que envelhecemos.



Na figura 3, mostramos o exemplo para um indivíduo com até oito idades. O tamanho da tira de *bits* pode ser qualquer, desde que maior do que o número de vezes em que o indivíduo vai ser 'recenseado': no exemplo, se a tira representasse animais que vivem até oito anos, cada posição deveria corresponder a um ano.

A cada intervalo de tempo, o indivíduo envelhece e permanece vivo se o número de doenças que se manifestaram até aquela idade for menor que um limite, que é o mesmo para toda a população.

A etapa mais importante é a reprodução. Caso o indivíduo permaneça vivo até a idade da maturidade sexual, ele poderá gerar um descendente, que terá a mesma tira do pai, exceto por certo número de *bits* – que, no caso, representa novas mutações. Uma posição da tira é escolhida ao acaso, e o estado do *bit* naquela posição (ou idade) é alterado (invertido). Portanto, podemos ter mutações boas $1 \rightarrow 0$, na qual o filho não terá a mesma doença do pai. Ou ruins $0 \rightarrow 1$. A cada intervalo de tempo, após a maturidade sexual, o indivíduo pode gerar certo número de descendentes.

No modelo original, não foi acrescentado nenhum dado para modelar a queda da fertilidade com a idade – o objetivo foi manter o modelo ainda simples.

A dinâmica do modelo pode ser reduzida às seguintes etapas, para cada indivíduo: a) se já tiver atingido a maturidade sexual, reproduz; b) se atingiu um limite máximo de doenças, morre; c) se não, envelhece (sua idade aumenta de um período).

A primeira tentativa de usar o modelo para ajuste de populações humanas reais foi realizada, em 1987, por nosso grupo da Universidade Federal Fluminense (UFF) em colaboração com Dietrich Stauffer, da Universidade de Colônia (Alemanha). Nessa tentativa – em que foram usados dados reais da população alemã –, os resultados da simulação foram diretamente comparados com a lei de Gompertz (relembrando: o crescimento exponencial das taxas de mortalidade com a idade).

Na figura 4, é mostrada uma comparação dos resultados de uma simulação do modelo com a população alemã. Podemos ver que, apesar de extremamente simples, o modelo apresenta comportamento compatível com a lei de Gompertz. O ajuste, porém, não é bom nem para a mortalidade infantil, nem para a parte relativa aos acidentes de trânsito – que correspondem à subida na mortalidade para indivíduos com 20 anos de idade.

No entanto, a principal conclusão da simulação é a seguinte: a lei de Gompertz é compatível com a teoria do acúmulo de mutações de Medawar – a pressão evolutiva é maior no período anterior à idade de reprodução e menor depois dela. A simulação também indicou que, para as outras teorias citadas neste artigo, a relação com o crescimento exponencial da taxa de mortalidade não é tão direta. Ou seja, o modelo as descarta.

IDADE	7	6	5	4	3	2	1	0
VALOR	1	0	1	1	0	0	0	0

Figura 3. Exemplo de tira de *bits*. Cada posição representa um intervalo de tempo na vida do indivíduo. No exemplo, mutações deletérias irão se manifestar nas idades 4, 5 e 7. Iniciando no zero, a leitura é feita da direita para esquerda, inspirada pela representação dos *bits* em um computador

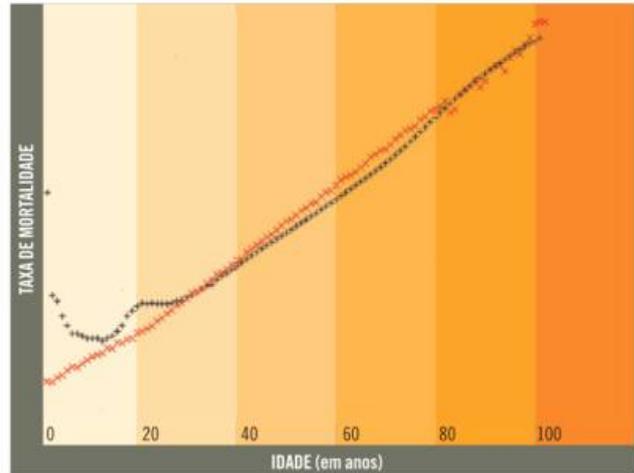


Figura 4. Taxa de mortalidade contra a idade. Os dados (em preto) são para a população de mulheres alemãs em 1987, envolvendo a simulação (em vermelho) de um milhão delas

Desde sua publicação, por sua versatilidade e simplicidade, o modelo tem sido aplicado em diversos problemas e em variadas espécies. No Brasil, além da UFF, o modelo tem sido usado por grupos da Universidade Federal de Lavras (MG), Universidade Federal de Ouro Preto (MG) e do Laboratório Nacional de Computação Científica, em Petrópolis (RJ).

Por fim, vale enfatizar que o sucesso das teorias evolucionárias para o envelhecimento vem, mais uma vez, confirmar o poder da evolução pela seleção natural para a explicação de diversos problemas biológicos – mesmo quando não há consenso sobre os exatos mecanismos que atuam no processo. Envelhecemos depois de termos garantido a manutenção do código genético por meio da reprodução – pelo menos, na geração seguinte.

Sugestões para leitura

STAUFFER, D.; OLIVEIRA, P. M. C. de; PENNA, T. 'Biologia, física e computadores: uma saudável simbiose'. *Ciência Hoje*, vol. 22, n. 127, p. 54 (1997).

TEIXEIRA, I. N. D. O.; GUARIENTO, M. E. 'Biologia do envelhecimento: teorias, mecanismos e perspectivas'. *Ciência e Saúde Coletiva*, vol. 15, n. 6 (2010). Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232010000600022>.



FOTO: CACERO RODRIGUES

Como conseguiram tal façanha é difícil de explicar. O país era pequeno, a população acanhada, os navios insuficientes e vulneráveis (...), sem falar dos marinheiros, pouco numerosos e mal preparados

O IMPÉRIO PORTUGUÊS

No processo que marcou a generalização da presença europeia nas “quatro partes do mundo” – conforme se dizia na época moderna –, os portugueses partiram na frente. Antes da viagem de Vasco da Gama à Índia (1478) e da de Cabral ao Brasil (1500), já se tinham lançado sobre a ilha da Madeira (1419-1420), os Açores (1432), o Rio do Ouro (1435-1436), Guiné e Serra Leoa (década de 1450), Cabo Verde (1460) e São Tomé e Príncipe (década de 1470). Em 1482, Diogo Cão chegou ao rio Zaire, e entre 1487 e 1492 – ano da primeira viagem de Colombo à América –, Pero da Covilhã foi ter à costa ocidental da Índia, ao Golfo Pérsico e à África Oriental.

As datas da expansão portuguesa são precisas porque eles semearam mundo afora os seus ‘padrões’ – cruzes de madeira, ou pilares de pedra datados e encimados por cruces. Fascinado pela história de Portugal, o historiador Anthony John Russell Wood (1940-2010) enxergou na epopeia imperial portuguesa uma “fonte riquíssima de história intercultural e comparativa” e ressaltou a importância de divulgá-la em uma época, como a nossa, marcada pelo renascimento da “história mundial como disciplina acadêmica”.

O mundo no qual os portugueses desempenharam papel crucial era *Um mundo em movimento* (1992), título de um belo livro desse historiador. Entre os motivos iniciais que os levaram a se lançar mar adentro estavam a necessidade de expandir as áreas de pesca e a permanente falta de trigo do pequeno país, mas logo o comércio das especiarias e produtos orientais cresceu e fez deles transportadores primordiais, que atuavam tanto no sentido Oriente-Occidente quanto na distribuição das mercadorias pelo Índico e pelo mar da China.

De Sofala, em Moçambique, a Nagasaki, no Japão, os portugueses foram senhores durante boa parte do século 16. Mas quando, em 1580, Portugal caiu sob domínio da Espanha, os holandeses, que guerreavam os

espanhóis, abateram-se sobre as possessões orientais dos lusitanos e as foram tomando uma a uma. Em 1640, ao recobrar a autonomia, o reino de Portugal era, na Ásia, uma sombra do que fora, com o Atlântico e o Brasil passando a absorver suas atenções e esperanças de renascimento. Para cá continuaram a trazer plantas, animais, práticas originárias de regiões distantes, sempre a conectar as diferentes partes do globo.

Como conseguiram tal façanha é difícil de explicar. O país era pequeno, a população acanhada, os navios insuficientes e vulneráveis às longuíssimas viagens oceânicas, que os destruíam em quatro anos, sem falar dos marinheiros, pouco numerosos e mal preparados. O padre Vieira (1608-1697), talvez de modo exagerado – como observa Charles Boxer em *O império marítimo português* (1969) –, calculou que os portugueses não tinham mais que 13 navios utilizáveis como vasos de guerra, contra 14 mil dos holandeses, que dispunham ainda de 250 mil marinheiros, quando os navios de Portugal não contavam sequer com 4 mil.

Boxer lembra que, quando os portugueses chegaram à Ásia, entre finais do século 15 e inícios do século 16, os grandes poderes locais estavam em refluxo. Não dá crédito às teorias que defenderam a maior tolerância religiosa e racial dos lusitanos e, tanto neste quanto em outros livros, empreendeu uma crítica dura e permanente às teorias de Gilberto Freyre. Mas reconhece que, diferentemente dos holandeses, que queriam extrair o máximo proveito e logo retornar à terra natal, os portugueses se deixavam ficar, criavam raízes, difundiam a língua, que funcionou no Oriente, por muito tempo, como uma espécie de língua geral.

O que Boxer não chega a aprofundar nesse grande livro é aquela que talvez seja a razão central do ‘sucesso’ português: a existência de um projeto colonizador, que possibilitou ao império chegar até a segunda metade do século 20, aos trancos e barrancos, para o bem e para o mal. 

LAURA DE MELLO E SOUZA

Departamento de História,
Universidade de São Paulo
Membro da Academia
Brasileira de Ciências

FORÇAS DO MAR

TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA NOS OCEANOS PROMETEM REDESENHAR O CENÁRIO MUNDIAL DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

Muitos chegaram a duvidar. Mas a geração de eletricidade a partir da força dos oceanos desponta como horizonte tecnológico cada vez mais tangível. Em uma civilização viciada em petróleo – e talvez na iminência de uma crise energética – analistas garantem que é imperativo diversificar as matrizes. E são os mares, atualmente, que atraem olhares atentos da comunidade científica. Pois eles são fonte praticamente inesgotável de energia elétrica limpa e de baixo impacto ambiental. Mas como?

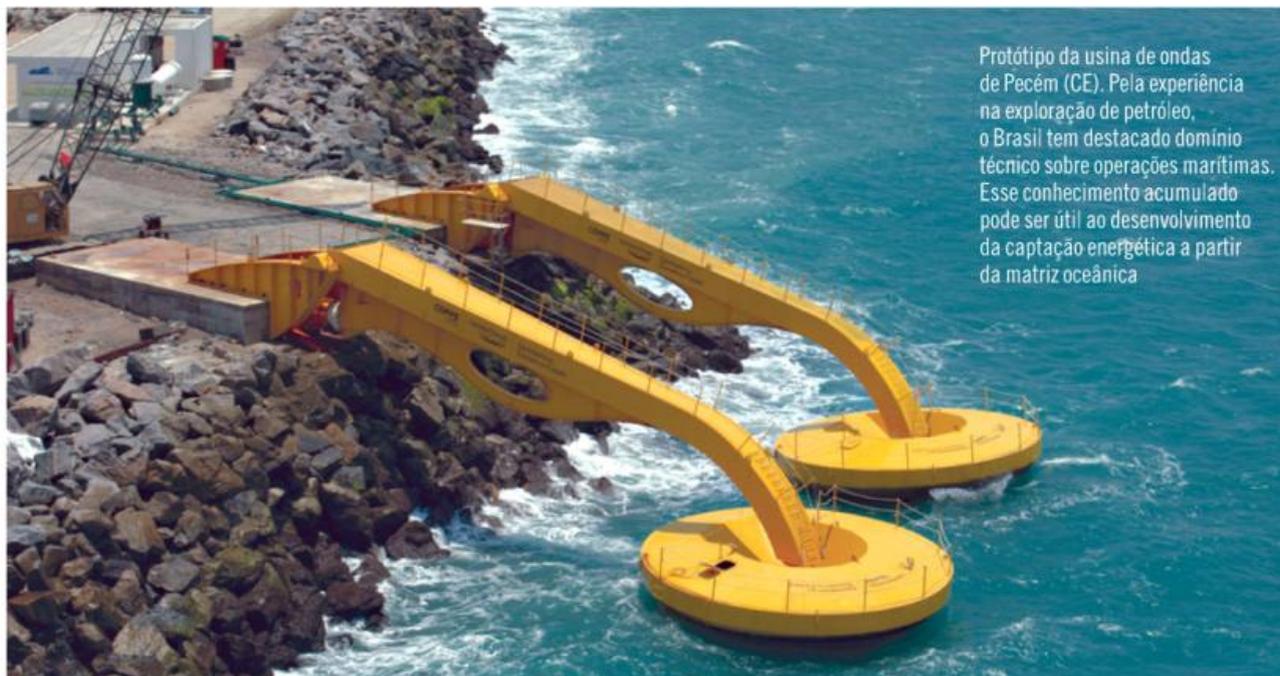
São diversos os métodos para se utilizar a energia dos oceanos na geração de eletricidade. Uma das técnicas mais bem cotadas é o aproveitamento das correntes oceânicas. O princípio é simples. Assim como uma turbina eólica é movida pela força dos ventos, uma turbina submersa nos oceanos

pode ser alimentada continuamente pela força das correntes marítimas.

Também as ondas do mar podem gerar eletricidade. E várias tecnologias já foram desenvolvidas para esse propósito. A maioria fundamenta-se na instalação de estruturas flutuantes na superfície das águas, sejam costeiras ou não. Com o balanço do mar, boias acionam sistemas mecânicos que, acoplados a geradores, produzem eletricidade. Essas boias, em regiões litorâneas, podem ser ligadas ao continente, ou, em regiões mais distantes, ancoradas no leito oceânico. Outra possível maneira de se aproveitar a força das ondas é instalar compartimentos flutuantes na superfície das águas – com o movimento, o ar interior desses compartimentos pode sofrer variações de pressão e mover assim turbinas e geradores.

Há outro método de captação da energia dos oceanos, já conhecido há tempos, baseado na variação das marés. Um reservatório de água salgada é enchido durante as fases de maré alta. E, durante as fases de maré baixa, aproveita-se a força da queda d'água para movimentar turbinas – é exatamente como uma usina hidrelétrica, mas alimentada não pelo represamento de um rio, e sim pelo ciclo natural das marés.

E técnicas alternativas não faltam. A maioria delas, porém, está ainda em fase conceitual. É possível, por exemplo, criar membranas aptas a gerar eletricidade pela diferença de salinidade no encontro das águas de um rio com as do mar. Fala-se também em geração elétrica por variação de temperatura: águas profundas são frias; e, se bombeadas para a super-



Protótipo da usina de ondas de Pecém (CE). Pela experiência na exploração de petróleo, o Brasil tem destacado domínio técnico sobre operações marítimas. Esse conhecimento acumulado pode ser útil ao desenvolvimento da captação energética a partir da matriz oceânica

fície, encontram águas mais quentes. Se tal diferença de temperatura for superior a 20°C, pode ser usada para gerar eletricidade.

HORIZONTE TECNOLÓGICO Energia oceânica ainda não é um conceito dos mais populares. “Mas de tempos em tempos esse assunto retorna à pauta; e, quando retorna, é com cada vez mais força”, comenta o engenheiro Segen Estefen, professor do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Dessa vez foi na *Nature*. Na edição de 17 de abril, o periódico (v. 508, 2014) trouxe um panorama global do estado da arte na pesquisa científica sobre geração de eletricidade a partir da força dos mares: “O oceano pode tornar-se uma fonte energética mais benigna que o próprio vento”, cogita-se na reportagem. “Em teoria, os mares podem fornecer energia para todo o planeta sem emitir nenhum tipo de poluição atmosférica; e são geograficamente convenientes, uma vez que 44% da população global vive em regiões costeiras.”

Os argumentos são bons. E o mundo desenvolvido parece ter despertado para a ideia: Inglaterra, Escócia, Irlanda, Austrália, Canadá, Estados Unidos, Dinamarca, Suécia, Japão, Coreia do Sul... Numerosos países já exibem pesquisa pujante na área. É uma corrida tecnológica – e os vencedores triunfarão com novas patentes e sofisticados processos de geração, que, em escala comercial, movimentarão um mercado bilionário em um futuro não muito distante.

Mas ainda é cedo. Apenas recentemente os projetos deixaram de pertencer ao plano da utopia e passaram a fazer parte de uma realidade experimental. “De fato, todos os protótipos já existentes permanecem em fase pré-comercial”, lembra Estefen. E são poucos: no mundo todo, não há mais que duas dúzias de pro-

tótipos sendo construídos ou aperfeiçoados.

ÁGUAS EM CURSO Nos Estados Unidos, mais de US\$ 13 bilhões já foram investidos em projetos para se aproveitar a energia da corrente do Golfo – que sai do México e chega à Escandinávia, banhando o estado da Flórida. Estima-se que equipamentos submersos instalados no litoral do estado possam gerar um terço da demanda energética local. Protótipos de turbinas, a serem ancoradas no leito oceânico, estão em fase de construção. Testes devem ser iniciados em breve.

O Canadá também desenvolve protótipos similares. Assim como Reino Unido, Suécia, Noruega, Dinamarca e Japão. Nestes países, a tecnologia de geração de energia elétrica por correntes oceânicas avança a passos largos.

A Irlanda, por sua vez, investe no potencial das marés. Elas movem, diariamente, 350 milhões de metros cúbicos de água salgada – entre o mar e o lago Strangford, ao norte do país. Tal movimento, que os especialistas chamam de corrente de maré, é aproveitado por uma turbina submersa ligada a um sistema elétrico com capacidade instalada de 1,2 MW. Sistema semelhante deve ser instalado, em larga escala, no País de Gales até 2016. Mas quando o assunto é energia maremotriz – aquela em que marés são aproveitadas para encher reservatórios hidrelétricos –, o exemplo clássico é a França, com a usina de La Rance. Inaugurada em 1966, produz algo em torno de 240 MW. Coreia do Sul também investe em empreendimentos similares.

Já na Austrália, o foco tem sido o aproveitamento da energia das ondas. A alguns quilômetros a oeste da costa, no oceano Índico, três boias de 11 m de comprimento e 5 m de altura flutuarão ao sabor das ondas e produzirão eletricidade. Espera-se uma captação de 720 kW, inicialmente. Cronograma: o sistema deve operar,



Muitos apostam em sistemas de captação de correntes oceânicas, em métodos análogos aos usados por turbinas eólicas

em fase de testes, ainda no segundo semestre de 2014. Os australianos acreditam que a ideia poderá ganhar escala comercial a partir de 2018.

BRASIL DAS ONDAS O potencial brasileiro é notável. Segundo Estefen, que lidera desde 2001, nos laboratórios da Coppe, projetos de captação de energia oceânica, há disponibilidade de cerca de 114 GW em nosso litoral. “Acreditamos ser possível aproveitar, próximo da costa, 20% a 30% desse potencial”, diz Estefen. “Não é pouca coisa: seria o equivalente a duas usinas de Itaipu”.

Foi em 2012 que o principal projeto brasileiro no segmento foi colocado à prova. Trata-se de uma usina de ondas. Instalada no porto de Pecém, perto de Fortaleza (CE), foi uma parceria entre a Coppe e a empresa Tractebel Energia, sediada em Florianópolis (SC), no âmbito do programa de pesquisa e desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). O protótipo é um aparato com duas grandes boias – que se movem ao ritmo das ondas daquele trecho do litoral cearense. Elas ficam ligadas ao continente por um tipo de



Usina maremotriz de La Rance, na França. De acordo com a Bloomberg New Energy Finance, consultoria britânica especializada no setor energético, até 2020 o mundo deverá ter 39 projetos de geração elétrica baseados na força dos oceanos

braço mecânico. Com o balanço do mar, as boias se movimentam. E movem consigo os tais braços – eles acionam um sistema hidráulico em terra, que, acoplados a um esquema de bombeamento, consegue gerar um potente jato de água que aciona turbinas. Produz-se assim eletricidade. Por ter sido um projeto experimental em pequena escala, a capacidade instalada foi de apenas 100 kW. Mas há potencial para muito mais. Essa tecnologia poderia, segundo Estefen, responder por quase 20% da capacidade de geração no Brasil. “O protótipo não está mais em operação, mas os testes, que duraram um ano, foram muito bem-sucedidos”, comenta o engenheiro. A equipe, agora, discute melhoramentos a serem implementados e aguarda apoio institucional para dar continuidade ao projeto.

A estatal Furnas Centrais Elétricas também tem planos para uma usina de ondas. Na ilha Rasa (RJ), a 200 km do litoral carioca, um flutuador de 11 m de diâmetro se movimentará ao longo de um pilar ancorado no leito oceânico. O movimento acionará um gerador com capacidade de geração elétrica de 100 kW – o bastante para abastecer 200 casas. A eletricidade será transmitida à ilha por um cabo submarino. O equipamento, desenvolvido na Coppe, deve ser instalado até 2016. “No futuro, instalações flutuantes derivadas desse conceito poderão abastecer plataformas de petróleo nos campos do pré-sal”, antecipa Estefen.

Outra iniciativa brasileira, ainda em fase embrionária, está nas membranas capazes de gerar energia por diferença de salinidade. É nisso que a Tractebel Energia, também em parceria com a Coppe, vem trabalhando. Caixas flutuantes são divididas em dois compartimentos: em um deles entra água doce; e no outro, salgada. Uma película de cerâmica permeável separa os dois espaços. Em seguida, por diferença de densidade, a água doce migra para o lado da água salgada e isso cria uma diferença de pressão no interior do compartimento. “Essa pressão pode chegar a 20 kg/m², suficiente para acionar uma turbina no interior do recipiente”, detalha o engenheiro Sérgio Maes, da Tractebel Energia. “Já temos modelos de laboratório e, dependendo dos testes e resultados, poderemos avaliar uma nova etapa para o desenvolvimento de protótipos.”

DETALHES E DESAFIOS “Operações oceânicas envolvem, invariavelmente, elevadíssimos custos”, diz Maes. A logística é cara e o ambiente marinho é agressivo; durabilidade e manutenção são desafios constantes. No total, a instalação de um único protótipo como o da usina de ondas em Pecém custa US\$ 10 milhões. O preço final da energia elétrica gerada por tais dispositivos, portanto, tende a ser alto. De fato, a energia dos oceanos ainda é uma das mais caras, entre todas as possibilidades de geração

elétrica atuais. “Mas poucos duvidam de que essa matriz eventualmente crescerá”, segundo o texto da *Nature*. “Os custos ainda são elevados, mas a tendência é que diminuam com o aperfeiçoamento da tecnologia; no caso da energia eólica, foi a mesma coisa”, lembra Estefen.

“Há muitas questões envolvidas quando o assunto é a ampliação das energias renováveis na matriz energética mundial” diz Estefen. “Mas elas são o futuro, e o avanço tecnológico é inexorável.”

Pouco se fala, ainda, dos possíveis impactos ambientais da energia oceânica. Estudiosos da área dizem que, como os projetos ainda são experimentais, é difícil prever os danos ao ecossistema. “Evidentemente, devemos evitar instalações em rotas migratórias, áreas de reprodução e locais particularmente sensíveis”, pondera Maes. Com o tempo, estudos ambientais devem traçar diretrizes mais sólidas para a implantação desses empreendimentos.

Há, além disso, uma pendência: o Brasil não tem leis específicas para esse tipo de tecnologia. “Mais grave, porém, é que o nosso país ainda não tem tradição em pesquisa aplicada”, contextualiza Maes. “O Brasil é forte em pesquisa acadêmica; mas nosso desempenho em registros de tecnologias e patentes ainda é pífio.”

RÁPIDO E EFICAZ

NOVO EXAME DE HEPATITE C OFERECE DIAGNÓSTICO MAIS SENSÍVEL EM MENOS TEMPO

Cerca de 70 mil brasileiros foram diagnosticados com hepatite C entre 1999 e 2010, de acordo com o Ministério da Saúde. A infecção, no entanto, pode afetar muitos outros milhares que não apresentam sintomas da doença. Essas pessoas, muitas vezes, doam sangue sem saber que estão contaminadas, e a doação acaba sendo descartada depois de confirmada a infecção. Para evitar esse desperdício, pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp), de Botucatu, desenvolveram um teste mais eficiente e veloz que o atual, que possibilita o diagnóstico antes que a doação seja feita.

O teste usa um sensor em forma de cartão que apresenta o resultado em cinco minutos. São necessários apenas uma gota de sangue aplicada sobre o cartão e uma máquina de leitura para obter o diagnóstico. A detecção da infecção ocorre quando os anticorpos do paciente (produzidos apenas quando ele está infectado) se unem a uma parte do vírus da hepatite C contida no cartão. Os testes anteriores seguiam a mesma lógica, mas usavam o vírus inteiro, o que tornava o processo mais complexo e demorado.

“Nossa principal preocupação era a rapidez”, explica a médica Elenice Deffune, que orientou a pesquisa de pós-doutorado da química Marli Moraes. Doar sangue não é um hábito comum no Brasil, por isso é preciso otimizar as doações.

O método para diagnóstico mais rápido disponível antes do novo

sensor, conhecido como Elisa, leva cerca de 20 minutos para apresentar um resultado. Por isso, o sangue só é testado depois de ser doado. “Ao falar de doação de sangue, estamos falando de cidadania”, diz a médica. “Evitar o descarte é valorizar a vida humana, o patrimônio genético da população.”

SEM MARGEM PARA DÚVIDAS Para validar o método, as amostras de sangue analisadas pelo novo sensor foram submetidas a todos os testes disponíveis no mercado. Alguns desses testes geram resultados inconclusivos – falsos negativos ou falsos positivos. A pesquisadora explica que isso geralmente ocorre com as análises de sangue tradicionais quando o paciente está infectado por outro vírus, como o da gripe, ou quando a contaminação com o vírus da hepatite C é recente. Por isso, as bolsas com o sangue aparentemente contaminado devem ser descartadas. Já o novo sensor só indica resultados positivos ou negativos: ou a pessoa está infectada, ou não.

Os exames que apresentaram resultado inconclusivo foram repetidos depois de 30 dias e as respostas obtidas coincidiram com as apontadas pelo novo sensor no primeiro teste. “Ficamos muito surpresos quando confirmamos os resultados do sensor em todos os casos”, diz a médica. “Isso quer dizer que ele não só é mais rápido como também mais sensível.”

O sensor já está patenteado. Para que seja implantado na rede de saúde; no entanto, ainda são necessários mais testes com um número maior de amostras. Se isso ocorrer, a pesquisadora acredita que menos doações de sangue serão desperdiçadas. “Atualmente, por ano, são descartadas de 500 a 800 bolsas de sangue doadas nos centros públicos por apresentarem resultado inconclusivo”, diz Deffune. “Isso representa mais de 1,5 mil transfusões que não ocorrem por falta do diagnóstico prévio.”

A pesquisadora ressalta ainda que o novo sensor pode ser usado para fazer diagnósticos rápidos em grandes populações. “Em operativos em ruas movimentadas, quando realizamos exames na população, o novo sensor possibilitará que mais pessoas sejam atendidas em menos tempo”, diz Deffune. “Com menos fila, é possível que a população esteja mais disposta a fazer o teste.”

FOTO SACHA

ISADORA VILARDO | CIÊNCIA HOJE | RJ

BIOFÁBRICAS A PLENO VAPOR NO PAÍS

PESQUISADORES DESENVOLVEM TEIAS SINTÉTICAS E USAM SEMENTES E FOLHAS COMO BIORREADORES PARA PRODUZIR MOLÉCULAS ÚTEIS NO COMBATE A DOENÇAS

Na ficção, os lançadores de teia do Homem-aranha são um prodígio da ciência. Na vida real, porém, ainda buscamos uma forma de produzir 'teias' sintéticas, resistentes e flexíveis, a custo razoável. Um grupo de pesquisadores brasileiros pode ter obtido resultados importantes nesse campo: a partir do DNA de aracnídeos brasileiros, eles produziram biopolímeros que poderão ser aplicados a produtos tecnológicos no futuro. O grupo também estuda a utilização de sementes e folhas de vegetais como biofábricas para a síntese em escala de moléculas naturais das próprias teias e de substâncias impor-

tantes no combate a doenças como Aids e câncer.

A pesquisa, feita na unidade de Recursos Genéticos e Biotecnologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em Brasília, utilizou avançadas técnicas de biotecnologia e de engenharia genética para a obtenção de biofibras. Os pesquisadores analisaram o genoma de cinco aranhas brasileiras (*Nephila clavipes*, *Argiope aurantia*, *Nephylengys cruentata*, *Parawixia bistriata* e *Avicularia juruensis*) para identificar os genes expressos nas glândulas responsáveis pela produção e pelas características da teia.

“Trabalhamos com o Instituto Butantan na seleção e coleta das aranhas, escolhidas por se originarem de diferentes biomas – algumas da Amazônia, outras do cerrado e da mata atlântica – e pela resistência de suas fibras”, diz Elíbio Rech, geneticista da Embrapa e coordenador do estudo.

Bactérias *Escherichia coli* foram geneticamente modificadas para receber as sequências selecionadas e passaram a atuar, então, como biofábricas capazes de sintetizar os polímeros desejados. “As bactérias produzem a proteína em maior quantidade que as aranhas, são biorreatores muito usados na produção de

FOTOS: EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA



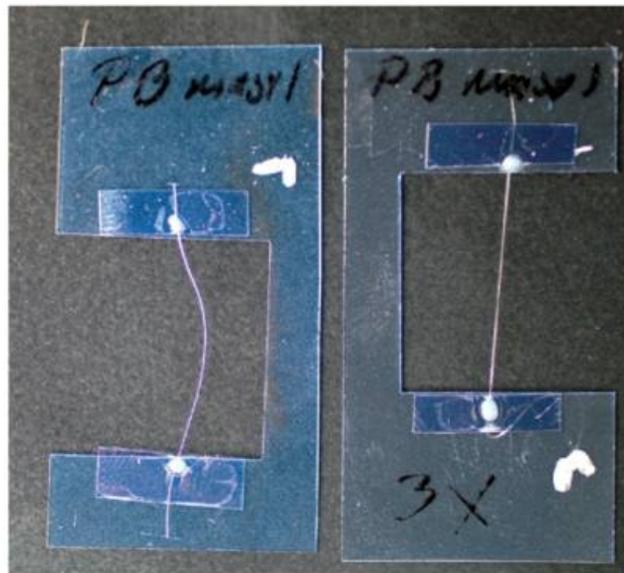
Plantas de soja cultivadas sob condições controladas e com alterações genéticas permitem produzir diversas biomoléculas de uso medicinal

diversas substâncias sintéticas”, conta Rech. “Após a purificação do material produzido, um processo também desenvolvido por nós simula a ação da espirineta, aparelho das aranhas que organiza as proteínas em fibras.”

Após nove anos de pesquisas, o grupo aprendeu muito sobre a complexa organização das proteínas das teias de aranha em escala nanométrica que confere as características únicas ao material. O conhecimento acumulado permite que a equipe produza, por exemplo, fibras com diversos graus de resistência e flexibilidade, dependendo das perspectivas de aplicação. A expectativa é que, no futuro, elas possam ser utilizadas na produção de materiais como coletes à prova de bala mais leves, fios biodegradáveis para medicina, para-choques mais resistentes e flexíveis – e, quem sabe, lançadores que permitam a algum maluco corajoso andar dependurado pela cidade!

SEMENTES DO FUTURO Esse futuro, no entanto, ainda não chegou e a pesquisa tem muitos desafios pela frente. Segundo Rech, o próximo passo é desenvolver formas econômicas, eficientes e seguras para produzir biofibras em larga escala – em especial porque o uso de bactérias modificadas ainda é muito caro. Uma possibilidade para superar isso é criar ‘biofábricas’ alternativas: o grupo de Rech estuda, por exemplo, o emprego de outras células modificadas para a produção de biomoléculas, como as das sementes da soja.

Hoje, diversas substâncias, como a insulina, são sintetizadas por processos tradicionais, que usam as bactérias ou células animais modificadas em cultura. Mas o geneticista lembra que o processo apresenta limitações, como o tamanho máximo e a quantidade restrita das moléculas produzidas. A intenção do grupo da Embrapa



Fios sintéticos semelhantes aos das teias de aranhas produzidos por bactérias modificadas pelo grupo de pesquisa da Embrapa

pa é desenvolver, a partir de plantas já domesticadas, uma plataforma tecnológica diversificada para fabricar uma variedade maior de moléculas de interesse industrial e farmacêutico, com baixo custo, maior eficiência e de forma sustentável.

O processo estudado em vegetais é similar ao empregado com as bactérias: as células vegetais são geneticamente alteradas para receber os genes específicos e passam a atuar como biorreatores para produção da substância de interesse. A opção pela soja se deu pelo domínio já existente no país sobre a leguminosa. “No mundo todo há grupos trabalhando com outras possibilidades, como arroz, cevada e milho”, explica Rech.

IMPORTÂNCIA MÉDICA Na Embrapa, as sementes de soja vêm sendo usadas para a produção de diversas substâncias de interesse médico, como a cianovirina, proteína isolada em algas que pode inibir a replicação do HIV, e antígenos como o NY-ES01 e o Hormad1, importantes no diagnóstico de câncer – trabalhos em parceria com grandes centros internacionais, como Instituto Ludwig de Pesquisa sobre o Câncer, de Nova York. O laboratório

da Embrapa também tem testado o uso de folhas de tabaco como biorreatores.

“As sementes são transgênicos estáveis, se perpetuam em gerações, e têm as vantagens de serem fáceis de estocar e de conterem milhões de células para servir de biofábricas”, avalia Rech. “Já as folhas são temporárias: produzem proteínas durante um período de até sete dias.”

O geneticista destaca que a intenção agora é levar as pesquisas para fora do laboratório – e para isso a parceria com o setor privado é fundamental. “Mostramos que o conceito funciona, mas precisamos aliar o trabalho dos biólogos moleculares com o dos engenheiros, atrair a iniciativa privada para escalonar o processo e levá-lo adiante, transformar recurso tecnológico em inovação de fato, o que não é simples no Brasil”, pontua. “Essa é uma demanda da sociedade, uma área potencialmente lucrativa que pode atrair o interesse das empresas para aplicar, na prática, nossos resultados.”

MARCELO GARCIA | CIÊNCIA HOJE | RJ

MATA NATIVA: RECUPERAÇÃO BEM-SUCEDIDA

PROJETO RESTAURA ESPÉCIES ENDÊMICAS QUE HÁ UMA DÉCADA BEIRAVAM O DESAPARECIMENTO

A 90 km a nordeste de Belo Horizonte (MG), a região da serra do Cipó abriga o maior número de espécies endêmicas da flora brasileira. Pelos idos dos anos 1990, a mineração e a construção de estradas ameaçavam criticamente o equilíbrio dessa importante área natural. Espécies raras estavam prestes a desaparecer. Por isso, em 2001, pesquisadores do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) apostaram suas fichas em um projeto de conservação que tinha tudo para dar errado – mas provou-se um emblemático caso de sucesso.

As marcas de devastação, naquele ambiente, estavam sendo disfarçadas por gestores ambientais. Eles maquiavam áreas degradadas plantando espécies exóticas, em diversos locais da serra. Empreendedores e público estavam satisfeitos com o verde que viam em sua volta – mas mal sabiam que aquelas espécies planta-

das estavam invadindo o espaço da vegetação original e colaboravam com o desaparecimento de várias espécies endêmicas. “Muitos pesquisadores sabiam o que estava acontecendo e lamentavam; mas sem sair do conforto de suas poltronas”, conta o ecólogo Geraldo Wilson Fernandes, que coordenou a recuperação ambiental daquele trecho do cerrado mineiro.

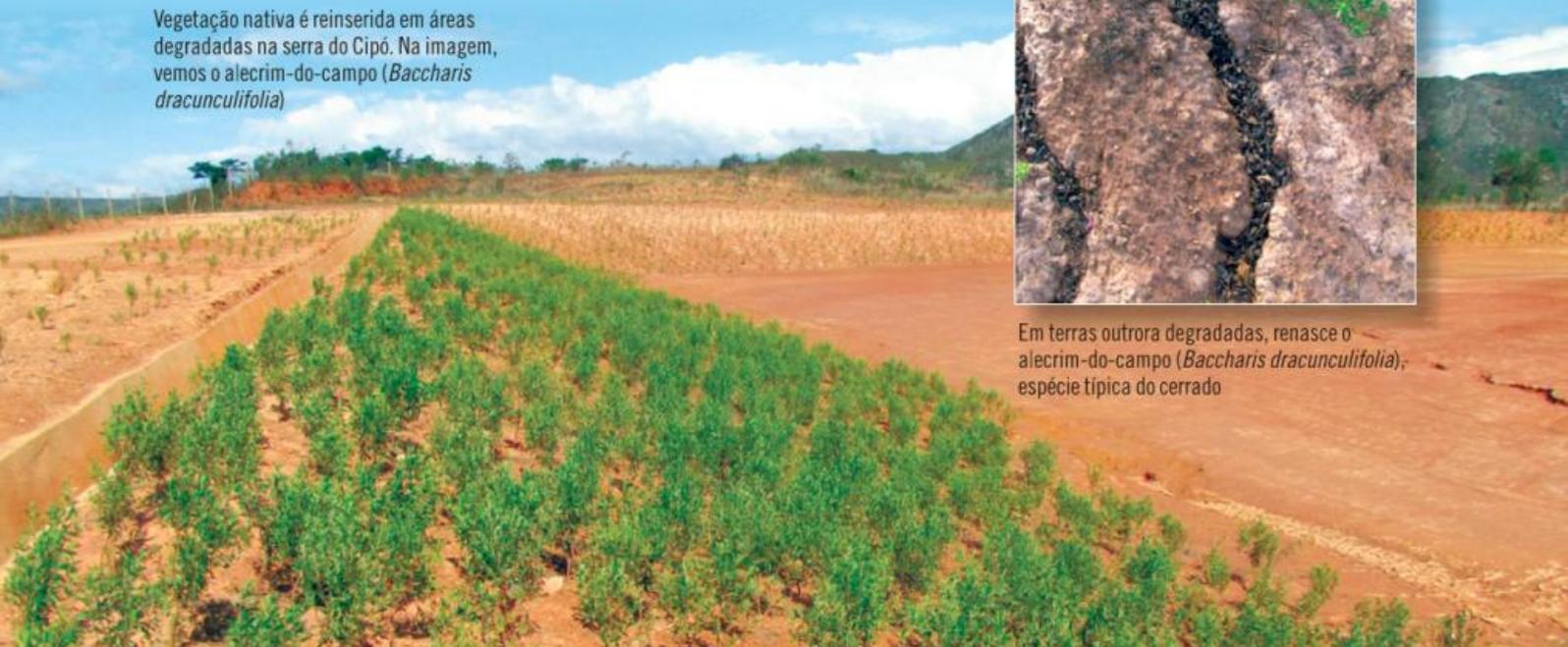
“Mostramos aos gestores e aos colegas de empresas de mineração que era muito errado inserir espécies exóticas naquele ambiente”, conta Fernandes. O trabalho de restauração, segundo ele, deveria se basear no uso de espécies nativas e ameaçadas. Mas havia um impasse: não existiam no mercado mudas de plantas nativas da serra do Cipó. Mesmo se quisessem, portanto, gestores não poderiam promover o plantio de vegetação nativa. “Além disso, não existia nenhum estudo no Brasil sobre a restauração desse tipo complexo de flora que ocorre na região”, lembra o ecólogo da UFMG.

Obstinado a reverter tal situação, Fernandes procurou os órgãos ambientais do estado – mas ninguém lhe deu ouvidos. A ‘ajuda’ só apareceu depois que o biólogo Newton Barbosa, durante seu mestrado na UFMG, publicou diversos artigos, em veículos especializados e de divulgação científica, denunciando a situação pela qual passava a serra do Cipó. O Ministério Público sensibilizou-se com o tema. E auxiliou os pesquisadores a implementar um projeto de restauração no local. Ideia que se mostrou exitosa: desde 2001, já foram recuperados cerca de 40 hectares de mata nativa. “Conseguimos revitalizar mesmo alguns trechos que estavam degradados há mais de 30 anos, considerados irrecuperáveis por muitos especialistas”, diz Fernandes.

Vegetação nativa é reinserida em áreas degradadas na serra do Cipó. Na imagem, vemos o alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*)



Em terras outrora degradadas, renasce o alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*), espécie típica do cerrado



CAMINHO DAS PLANTAS Para que isso fosse possível, os pesquisadores tiveram de começar do zero – sendo escassa a literatura científica sobre a flora da região, foi necessário o estudo aprofundado das dezenas de plantas nativas que compõem a serra do Cipó. Desde dados genéticos; passando por estudos sobre os nutrientes exigidos para cada espécie; até processos de adequação do solo.

Em plena serra, em meio à mata, foi montada uma estrutura híbrida com ambientes laboratoriais e naturais, onde 50 especialistas se responsabilizam pelo monitoramento permanente da área. “Estamos produzindo uma gama de conhecimento sem precedentes na região; preenchemos lacunas importantes quanto à restauração desse tipo de ecossistema”, diz Fernandes. “Temos agora áreas extensas cobertas por espécies nativas que, há uma década, estavam próximas de desaparecer.” Alguns exemplos são a *Coccoloba cereifera*, a *Collaea cipoensis*, a *Chamaecrista semaphora*, a *Kielmeyera petiolaris*, a *Diplusodon orbicularis* e a *Velozzia nanuzae*, conhecida como canela-de-ema. Mais de 40 espécies endêmicas estão em processo de recuperação no momento, em locais como o Parque Nacional da Serra do Cipó.

Ao se reinserir uma planta nativa em seu ambiente natural, ela traz consigo polinizadores e herbívoros que dela dependem, além de predadores e parasitas que, em conjunto, reestabelecem os ciclos naturais do ecossistema. Ele passa, assim, a ser novamente capaz de prestar seus serviços ambientais. “É claro que ainda há muito a ser fazer”, diz Fernandes. “Precisamos entender melhor a ecologia de cada espécie e ainda devemos monitorar a área por bastante tempo; mas o primeiro passo foi dado.” No Brasil, são muitas as áreas que demandam esforços semelhantes. O exemplo de sucesso da serra do Cipó pode inspirar projetos em diferentes regiões do país.

GABRIEL TOSCANO | CIÊNCIA HOJE | RJ



FARMACOLOGIA

BACUPARI: ALIADO CONTRA TUMORES

A luta contra o câncer não para de ganhar novas armas. Dessa vez, pesquisadores encontraram em uma fruta da Amazônia um possível aliado no combate aos tipos de câncer que afetam rim, mama e próstata. Duas substâncias do bacupari boliviano (*Garcinia achachairu*) inibiram o crescimento dessas células tumorais originárias de cânceres humanos. As substâncias responsáveis por esse efeito ocorrem em maior concentração no galho da planta.

Os pesquisadores não sabem ainda por que a inibição ocorre. “Ainda desconhecemos o mecanismo de ação responsável por esse efeito, mas foi possível perceber uma paralisação do crescimento das linhagens tumorais”, conta o farmacologista João Ernesto Carvalho, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Apesar dos bons resultados, ainda é cedo para comemorar. Muitas drogas que se saem bem nas análises *in vitro* geram efeitos colaterais quando aplicadas em seres vivos, ou não reproduzem o efeito benéfico observado. Por isso, as substâncias do bacupari ainda serão testadas em animais com câncer. “Essa análise permitirá também avaliar a toxicidade dessa substância, aspecto importante na elaboração de um medicamento”, diz Carvalho. “Caso o nível tóxico seja elevado, podemos tentar alterar a estrutura da substância em laboratório para novos testes.”

O estudo está sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade do Vale do Itajaí (Univali), juntamente com a Unicamp e a Rede Ibero-americana de Investigação em Câncer (Ribecancer). A nova etapa será feita em colaboração com a Universidade de Salamanca (Espanha).

MAIS CIÊNCIA PARA ESTUDANTES

A Petrobras, em parceria com a editora Mol, lançou uma nova revista de ciência, a *Petrobras Conhecer*, voltada para estudantes do ensino fundamental e médio. A publicação, gratuita, vem sendo distribuída em 20 escolas e está disponível também em versão digital na página da empresa. Na versão *on-line*, é possível votar em enquetes, participar de jogos de pergunta e resposta, solucionar desafios e sugerir pautas para as próximas edições. Saiba mais em: www.petrobras.com.br/revistaconhecer.



LIGAÇÃO INSTIGANTE

POSSÍVEL RELAÇÃO ENTRE FORMAÇÃO DE COÁGULOS SANGUÍNEOS E ESQUIZOFRENIA PODE PROPICIAR UMA NOVA ABORDAGEM DA DOENÇA MENTAL

O tratamento da esquizofrenia – doença que atinge 24 milhões de pessoas, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) – restringe-se a poucos medicamentos com efeitos colaterais significativos. Uma hipótese proposta recentemente que sugere haver uma relação entre a esquizofrenia e a tendência a formar coágulos pode oferecer novas perspectivas para os pacientes com o distúrbio psiquiátrico.

Diferentemente da maioria dos estudos na área, que começam na teoria e passam para testes práticos, a hipótese surgiu de um achado do acaso. Sílvia Hoirisch-Clapauch, hematologista do Hospital Federal dos Servidores do Estado (HFSE), do Ministério da Saúde, no Rio de Janeiro, constatou que cinco pacientes esquizofrênicos, medicados com o anticoagulante warfarina por longo prazo para o tratamento de trombose, apresentaram uma melhora considerável nos sintomas da esquizofrenia, a ponto de suspenderem o tratamento psiquiátrico. “Eles pararam de ouvir vozes, ter alucinações e outros sintomas psicóticos”, relata a médica.

Ao examinar as tomografias computadorizadas, a hematologista constatou que nenhum dos cinco pacientes tinha lesão isquêmica, o que, de certa forma, confirmava o que a literatura médica mostra: a esquizofrenia não tem relação com o acidente vascular cerebral. “O que é comumente encontrado em exame de

neuroimagem de pacientes com essa doença mental é a atrofia do hipocampo, região do cérebro que processa emoções e cognição”, comenta a médica do HFSE. Partindo da ideia de que a medicação anticoagulante teria corrigido alguma anormalidade química no cérebro, Hoirisch-Clapauch passou a trabalhar na interface hematologia-psiquiatria, orientada pelo professor Antonio Egidio Nardi, do Instituto de Psiquiatria (Ipub) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os pesquisadores acreditam que o medicamento possa ter estimulado a formação de neurônios na área afetada ou ajudado a criar novas conexões entre eles.

Hoirisch-Clapauch explica que o mecanismo da coagulação envolve três processos: a aceleração da formação de coágulos, o freio e a destruição dos coágulos, e dezenas de ingredientes estão envolvidos nos três processos. “Imaginei que alguma substância presente no mecanismo da coagulação poderia ter contribuído para a formação de neurônios no hipocampo”, conta a pesquisadora. “Ao pesquisar na literatura médica, encontrei apenas um fator em comum: a substância que estimula a dissolução dos coágulos, chamada de ativador do plasminogênio tecidual, ou t-PA, também participa da neurogênese”. Acreditamos que o anticoagulante oral, estimulando a produção de t-PA em longo prazo, possa ter ajudado a melhorar o curso da doença mental.”

SUPER-HERÓI ACUADO Além de seu importante papel na coagulação, a pesquisadora explica que o t-PA age como um ‘super-herói’ dentro do cérebro, combatendo os efeitos danosos do estresse. “Fortes emoções, muito estressantes, prejudicam o hipocampo, pois liberam cortisol e adrenalina, que são muito tóxicos para os neurônios”, explica a pesquisadora. “Com a ação do t-PA, voltamos ao ponto de equilíbrio, pois ele impede que os neurônios morram e, caso sejam danificados, ajuda na formação de novos.”

Segundo Hoirisch-Clapauch, a maioria de seus pacientes relata um episódio altamente estressante antes do primeiro episódio psicótico. A pesquisadora sugere que a atrofia cerebral observada no hipocampo dos pacientes com esquizofrenia seria causada justamente por esses momentos de estresse. Os indivíduos com esquizofrenia não apresentariam a atividade necessária de t-PA para proteger o cérebro das substâncias tóxicas liberadas nessas situações.

Para comprovar a hipótese, Hoirisch-Clapauch e Nardi pesquisaram os marcadores da baixa atividade do t-PA em 70 pacientes esquizofrênicos atendidos no Ipub e em 98 sem a doença (grupo controle). O estudo





FOTO DE VICTOR HARBICK VISIONS / SCIENCE PHOTO LIBRARY / GLOW IMAGES

confirmou a suspeita: pacientes com esquizofrenia apresentavam níveis altíssimos de marcadores de baixa atividade de t-PA, em relação aos controles.

A pesquisadora ressalta que os achados precisam ser confirmados em pacientes que não receberam tratamento. “Precisamos replicar esses resultados em pessoas que não tenham sido medicadas para que possamos garantir que os baixos níveis de t-PA não são um efeito colateral do tratamento atual da doença.”

Hoirisch-Clapauch alerta que aguarda o sinal verde do Comitê de Ética em Pesquisa do Ipub para iniciar um estudo de intervenção. Serão convidados a participar desse estudo todos os pacientes que tenham anormalidades bioquímicas relacionadas a baixa atividade do t-PA – que serão divididos, por sorteio, em um grupo que receberá warfarina e um grupo-controle. “Os anticoagulantes não devem ser usados como tratamento até a conclusão de todos os testes. Ainda são necessários mais estudos para verificar essa relação e, se comprovada, estabelecer um tratamento seguro”, alerta a pesquisadora.

LUCAS LUCARINY | CIÊNCIA HOJE | RJ

ADEUS MERCÚRIO O mercúrio é um metal pesado que, se despejado de maneira imprópria no ambiente, causa uma série de complicações: contamina terrenos, aterros e rios; e pode ser nocivo até para o ser humano, em caso de contato direto. Por isso, o Hospital Estadual Sumaré, na região metropolitana de Campinas (SP), deu fim ao uso de todos os seus aparelhos à base de mercúrio. Cerca de 570 termômetros, além de 80 esfigmomanômetros (aparelho para medir a pressão sanguínea), foram destinados a uma empresa especializada na coleta desse tipo de material. Os itens descartados já estão sendo substituídos por instrumentos alternativos não dependentes de mercúrio. Trata-se de uma decisão importante do ponto de vista ecológico e sanitário – e diversos centros de saúde no exterior, e alguns no Brasil, já seguem essa tendência. A Organização Mundial da Saúde pretende ver os hospitais do mundo livres de mercúrio até 2020. Aparelhos à base desse elemento, porém, ainda são muito usados nos hospitais brasileiros.



SIC/ABI

ZOOLOGIA

NA PISTA DO CACHORRO-VINAGRE

Sem identificar indivíduos desde 2012 na região do Mato Grosso, novos cachorros-vinagre (*Speothos venaticus*) foram catalogados no início deste ano pelo programa para conservação da espécie desenvolvido pelo Instituto para a Conservação dos Carnívoros Neotropicais e pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, em parceria com a Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza.

Capturados entre Nova Xavantina e Água Boa, os animais receberam radiotransmissores para facilitar o recolhimento de informações sobre seu comportamento e sobre o hábitat da espécie. O cachorro-vinagre é típico da região central do Brasil, costuma viver em matilhas que podem chegar até 12 indivíduos e passa boa parte do seu tempo dentro de tocas, de onde sai à noite para caçar.

O animal é considerado o mais sociável dos canídeos sul-americanos, grupo que inclui, entre outros, o lobo-guará e a raposa-cinzenta. A captura de indivíduos da espécie para implantação de radiotransmissores tem como objetivo principal ajudar na sua preservação, uma vez que o cachorro-vinagre é considerado vulnerável, devido ao ritmo acelerado do desmatamento de áreas florestais. Até hoje, foram monitorados 20 indivíduos pelo projeto.



FOTO EDSON DE SOUZA LIMA

O cachorro-vinagre, caracterizado por sua coloração marrom-avermelhada, prefere passar a maior parte de seu tempo em tocas, apenas saindo à noite para caçar; daí a dificuldade de serem encontrados

FARMACOLOGIA

Ciência e tradição pantaneira

Elas são temidas serpentes do Centro-oeste brasileiro: a jararaca (*Bothrops jararaca*), a boca-de-sapo (*Bothrops neuwiedi*) e a caiçaca (*Bothrops moojeni*). Venenosas, suas mordidas podem arruinar muitas vidas. Ainda que nem sempre levem um ser humano à morte, costumam causar graves estragos no corpo das vítimas – severas inflamações, edemas, hemorragias... E até necrose dos tecidos no local onde foi inoculado o veneno. Não são raros os casos de amputação decorrentes desses impiedosos ataques.

Segundo antiga tradição do interior, um poderoso antídoto para o veneno dessas serpentes pode ser encontrado no ipê-amarelo. E estudos recentes parecem confirmar o que reza a sabedoria ancestral. A farmacologista Mônica Kadri, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), observou que a casca de um tipo particular de ipê-amarelo nativo do Pantanal (*Tabebuia aurea*) pode ser promissora matéria-prima para uma nova geração de antídotos.

“Após três anos de testes laboratoriais com camundongos, confirmamos que o extrato da casca desse ipê tem, de fato, propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes contra o veneno de serpentes como a jararaca, a boca-de-sapo e a caiçaca”, diz a pesquisadora. “Os resultados foram muito promissores: notamos diminuição dos quadros de inflamação, edema e hemorragia.” Substâncias da classe química dos iridoides são as prováveis responsáveis pelo poder do antídoto.

O processo de extração do produto já está sendo patenteado. Mas ainda não há previsões para comercialização. Estudos desse tipo podem levar décadas. No melhor cenário, testes com seres humanos deverão ser iniciados a partir de 2017. Segundo o Ministério da Saúde, serpentes do gênero *Bothrops* são responsáveis por mais de 80% dos acidentes ofídicos – ou, em linguagem popular, mordidas de cobra – no país. A maioria dos casos é registrada no Centro-oeste.

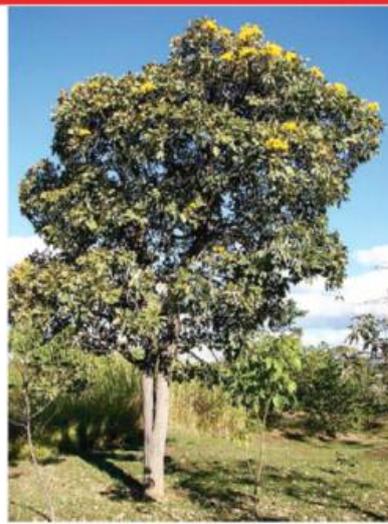
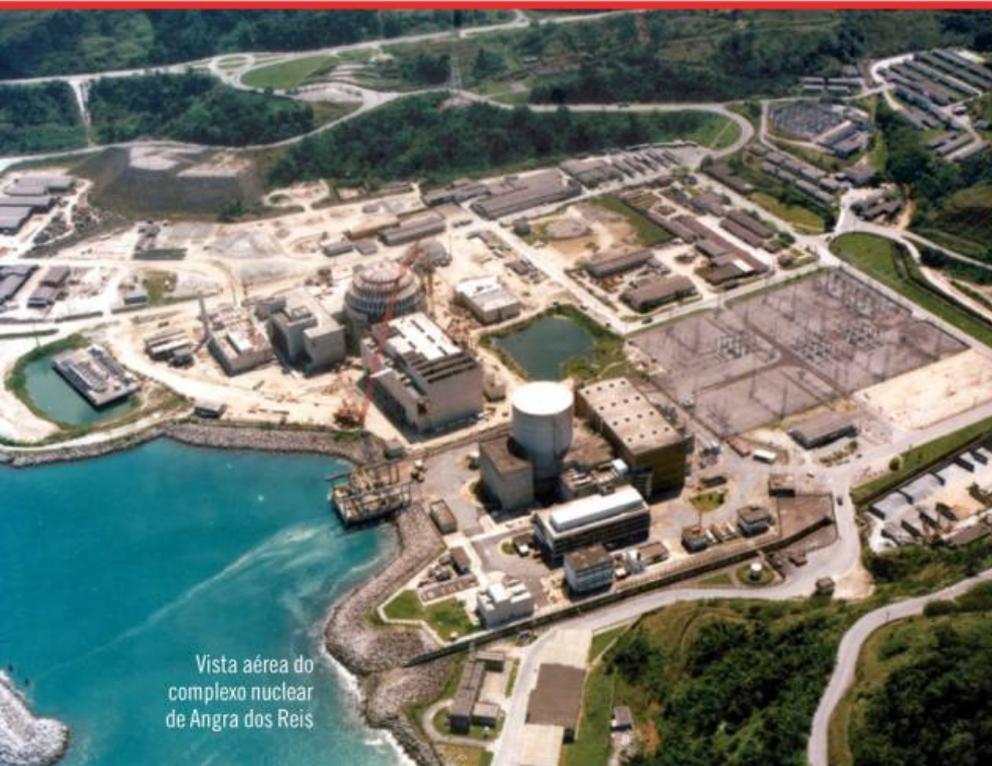


FOTO JOÃO MEDEIROS/ WIKIMÉDIA COMMONS



FOTO FERNANDO TACAGIBA/ WIKIMÉDIA COMMONS

O ipê-amarelo (*Tabebuia aurea*) é encontrado em diversas regiões do Brasil. Mas, até onde se sabe, é somente nos espécimes do Pantanal que existe o antídoto para o veneno de serpentes, como a temida jararaca (*Bothrops jararaca*)



Vista aérea do complexo nuclear de Angra dos Reis

ANGRA RESISTENTE

Catástrofes naturais não devem ser grande problema para as usinas nucleares Angra 1 e Angra 2, localizadas no litoral do estado do Rio de Janeiro. Estudo recente garante que as instalações são seguras – mesmo diante de graves deslizamentos das encostas do entorno ou frente a severos terremotos que venham a ocorrer no local. O próximo passo dos especialistas é saber quão resistentes as usinas seriam se fossem atingidas por furacões, tornados ou ondas de grande magnitude. Os estudos que atestam a segurança de Angra 1 e Angra 2 são conduzidos pela própria Eletronuclear, companhia que administra o complexo. A empresa tem feito frequentes esforços de avaliação de segurança relacionada a eventos climáticos desde a tragédia que arrasou Fukushima, no Japão, em março de 2011.

FOTO FUERNAS CENTRAIS ELÉTRICAS/ IMA/ IMAGEMBANK

TECNOLOGIA

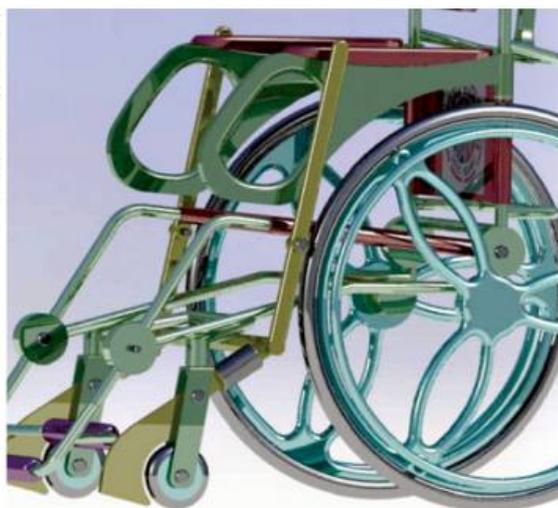
Banho futurista

Projeto desenvolvido pelo *designer* Rodrigo Gomes Curimbaba promete inovar o mercado de cadeiras de rodas para banho no Brasil. Durante sua graduação em Tecnologia em Sistemas Biomédicos na Faculdade de Tecnologia de Bauru (SP), ele presenciou diversas situações de dificuldade e desconforto experimentadas por enfermeiros e pacientes no procedimento de banho. Após analisar os principais problemas existentes nas cadeiras atuais, como a falta de estabilidade ou sustentação do tronco corporal e a precariedade do apoio para a cabeça, o pesquisador concebeu um novo modelo de equipamento que amenizasse as reclamações.

A nova cadeira, cujo protótipo está em desenvolvimento, será equipada com alavancas laterais que, quando puxadas, acionam um sistema de travas nas rodas, evitando quedas frontais. Além disso, também será provida de um apoio ajustável para a cabeça, rodas em fibra de carbono que não oxidam com o tempo, encostos e assentos revestidos com espuma de polietileno expandida, dando mais conforto ao paciente. O material utilizado no revestimento – o mesmo de ‘espaguete’ de piscina – é barato, inerte e não absorve umidade.

“Esse tipo de tecnologia não encontra muitos subsídios no país e precisa ser importado, o que aumenta o custo final. Por isso, a ideia é oferecer uma alternativa 100% brasileira, com um preço mais acessível”, destaca Curimbaba. “Tentamos unir conforto, praticidade e segurança, para facilitar o trabalho dos profissionais da área da saúde e gerar mais qualidade de vida aos pacientes.” O projeto está disponível para ser licenciado e aguardando por empresas que se interessem em comercializá-lo, em uma faixa de preço que varia entre R\$ 450 e R\$ 600.

FIGURA RODRIGO GOMES CURIMBABA



A cadeira terá alavancas laterais, que acionam travas nas rodas frontais para evitar as quedas dos pacientes

MEDICINA

Novo indicador contra o câncer

Um estudo realizado por pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz foi o primeiro no Brasil a relacionar a presença de uma mutação específica do vírus da hepatite C com maior risco de desenvolvimento de câncer de fígado. A análise foi feita em 106 pacientes com hepatite C do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Entre os infectados com o genótipo 1b do vírus (considerado o subtipo mais agressivo) e que desenvolveram câncer, 42,9% apresentavam a mutação R70Q. Entre os que tinham cirrose – estágio anterior ao câncer – e estavam infectados com o genótipo 1b, 56,3% também tinham a mesma mutação. Já nos pacientes com o mesmo genótipo, mas que não haviam desenvolvido câncer nem cirrose, apenas um entre 11 tinha a mutação.

Os resultados indicam que a presença da mutação R70Q associada ao genótipo 1b do vírus da hepatite C poderia ser usada como marcador para prever complicações relacionadas à doença. “Pacientes infectados com esse genótipo e que apresentem a mutação poderiam receber um acompanhamento médico mais metódico, pois parecem ter mais chances de desenvolver problemas graves”, explica a bióloga Natalia Motta de Araujo, da Fundação Oswaldo Cruz, coordenadora do estudo. “Isso pode melhorar a possibilidade de obtermos diagnósticos precoces, o que aumenta as chances de cura.”

O estudo avaliou, ainda, outros pacientes infectados com os genótipos 1a e 3a do vírus: apesar de muitos também apresentarem a mutação, não foi identificada uma correlação estatística com a ocorrência de cirrose ou câncer de fígado. O projeto foi realizado como parte da dissertação de mestrado do biólogo Oscar Rafael Carmo Araujo.

PRAGA DA MAÇÃ ERRADICADA

A preocupação de encontrar uma surpresa desagradável ao se comer uma maçã agora é coisa do passado. Isso porque o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) conseguiu erradicar no Brasil a mariposa *Cydia pomonella*, responsável pelas larvas encontradas na fruta. Além da maçã, a praga também ataca outras culturas como pera, marmelo e noz-europeia. É a primeira vez que um país consegue erradicar o inseto. Para conseguir a façanha, foram instaladas mais de 10 mil armadilhas em áreas urbanas e pomares comerciais, além de um trabalho de remoção e substituição de plantas hospedeiras da mariposa. Foram investidos R\$ 10 milhões no programa e a expectativa é de uma economia de cerca de R\$ 40 milhões por ano em agrotóxicos a partir de agora.



TECNOLOGIA

Que dureza!

Só de olhar ou tocar já se pode antecipar quão rígidos são certos materiais. Mas esse empirismo, apesar de evitar alguns acidentes domésticos, não garante o padrão de qualidade necessário para as indústrias que lidam com madeira, material cuja dureza precisa ser bem definida. Com o objetivo de facilitar essa medição, pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp), do *campus* de Botucatu, elaboraram um equipamento portátil e de fácil manuseio: o durômetro para madeiras.

O aparelho usa o mesmo princípio já empregado para medir a dureza de outros materiais, como aço e cobre – a dureza Brinell. O diferencial está em sua leveza e na rapidez para medir a dureza dos materiais. Como a madeira deve ser medida várias vezes, por ser um material heterogêneo, antes do dispositivo, para determinar a dureza de uma peça, era necessário usar máquinas de alta capacidade de carga, que não podem ser facilmente transportadas.

“Esse processo era trabalhoso demais porque era preciso levar amostras para um equipamento grande e fixo em laboratórios”, explica o engenheiro e orientador da pesquisa, Adriano Ballarin.

Com o durômetro, a medição é feita em segundos e pode ser repetida sem dificuldade, facilitando uma avaliação mais precisa da madeira. O equipamento tem uma pequena esfera metálica que cai de forma calculada sobre a madeira. É a partir da deformação que essa esfera deixa sobre a madeira que o dispositivo avalia sua dureza. “A deformação é milimétrica e não prejudica a qualidade do material”, destaca Ballarin.

Enquanto aguardam o registro da patente, os pesquisadores seguirão estudando as potencialidades de uso do equipamento, para que seja possível medir também a dureza de diferentes produtos de madeira, como painéis compensados, aglomerados, de partículas e pisos. Por enquanto, o durômetro mede a dureza de peças de madeira serrada – usadas, por exemplo, na confecção de dormentes, que servem de apoio para a fixação dos trilhos nas ferrovias.



O jambu, típico da região Norte, é conhecido e cultivado em diversos países

FOTO SUZARA SANTOS COSTA

QUÍMICA

Jambu essencial

Uma plantinha típica da região amazônica tem um segredo guardado a sete chaves pela indústria cosmética. Estamos falando do jambu (*Acmella oleracea*) – pequena hortaliça que até lembra a rúcula. O óleo essencial dessa planta tem propriedades muito bem cotadas pelo mercado. Quando em contato com a pele, seu componente ativo, chamado espilantol, pode induzir um pequeno inchaço no local de aplicação – por isso vem sendo usado em tratamentos de botox e em composições cosméticas antirrugas, por exemplo. Também para a indústria farmacêutica o espilantol pode ser bom negócio, dadas suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e diuréticas. Além disso, pesquisas indicam que esse componente químico tem ação larvicida e ovicida. Pode ser útil, portanto, no combate à proliferação de vetores de doenças como dengue e malária.

Mas a extração do óleo essencial do jambu não é uma tarefa simples. Em geral, dá-se por processos de maceração ou destilação – pode levar dias, e as reações têm rendimento pouco animador quando se pensa na produção em grande escala. É por isso que os estudos da engenheira química Suzara Costa estão dando o que falar. Em seu doutorado, desenvolvido na Universidade Estadual de Campinas e na Universidade McGill, no Canadá, ela estudou um método capaz de extrair o óleo essencial do jambu em menos de 30 minutos, com o notável grau de pureza de 98%.

“O segredo é submeter a planta ao aquecimento por micro-ondas”, diz Costa. “Essa tecnologia ainda é pouco conhecida pela indústria e pela comunidade científica brasileira, e nunca foi aplicada à extração do óleo essencial do jambu.” Os resultados foram muito bem-sucedidos. O óleo pode ser extraído tanto das flores ou folhas quanto do caule. Porções da planta devem ser secas; trituradas e misturadas a um solvente – no caso, foi usada uma composição de etanol e hexano. A mistura é colocada em um reator e, em seguida, submetida ao aquecimento no interior de um extrator de micro-ondas – equipamento que não difere muito de um forno de micro-ondas caseiro. Em seguida, o material é filtrado. Evapora-se então o solvente; e o produto final será o óleo essencial do jambu.

Curiosidade: no Canadá, o jambu é usado para fins decorativos. Tamaña a surpresa dos canadenses ao descobrir, graças à Suzara Costa – nascida no Pará –, que a hortaliça é comestível. É, na verdade, ingrediente fundamental no preparo de alguns pratos típicos da região Norte, como o tacacá e o pato no tucupi.

ADRIANO WAGNER BALLARIN



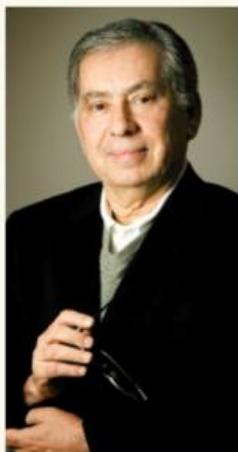


FOTO: CICERO RODRIGUES

A Copa do Mundo e os Jogos Olímpicos certamente não são uma panaceia para a superação de nossos problemas. Entretanto, atuam como potencializadores de esforços e de recursos que estariam dispersos ou sequer seriam disponíveis

VITÓRIA DA COPA

Escrevo às vésperas da Copa do Mundo, na expectativa de vitória brasileira e da realização de um grande evento em todo o país. Também escrevo às voltas com greves, ruas tomadas por manifestações de portes variados, cidades à beira de um ataque de nervos. Como estaremos quando esta revista estiver nas bancas?

O processo de urbanização vivido pelo país desde meados do século passado resultou na quadruplicação da população urbana e na promoção de 20 metrópoles, com duas megacidades. As melhoras nos índices sociais, de saúde, mortalidade infantil, longevidade, alfabetização, educação, entre outros, tiveram na cidade seu suporte essencial e, em processo biunívoco, deram força ao crescimento urbano.

O processo político também foi vertiginoso. Superada a ditadura, o país implantou uma democracia consistente, venceu a instabilidade financeiro-inflacionária, promoveu a melhora econômica para milhões e reduziu a miséria. Estamos nos encaminhando para a sétima eleição geral desde a Constituição de 1988.

Contudo, há uma sensação geral de desconforto que faz com que inclusive as grandes conquistas estejam sob dúvida. Parece haver um consenso: a vida urbana tem se deteriorado muito nos últimos tempos.

Dificuldades na mobilidade, aumento da violência, ausência de serviços públicos ou ineficiência na sua prestação, entre outros, são temas do cotidiano da imensa maioria dos brasileiros, em especial nas grandes cidades. E esse panorama não se coaduna com a ideia de que o Brasil é um novo fenômeno mundial, a sétima economia do mundo, um país rico.

Onde está situado o desconpasso?

A Copa do Mundo e os Jogos Olímpicos certamente não são uma panaceia para a superação de nossos problemas. Entretanto, atuam como potencializadores de esforços e de recursos que estariam dispersos ou sequer seriam disponíveis. Mas, justamente por se configurarem como um mo-

mento preciso, uma data específica, é que conseguem a mobilização capaz de acelerar processos ou propor novos desafios.

Artigo de Augusto Nardes, presidente do Tribunal de Contas da União, publicado em *O Globo* em 12 de junho, afirma que ficaram prontas apenas 43% das obras de mobilidade urbana projetadas como legado da Copa. Diz o TCU que “o Brasil precisa planejar melhor” e que a instituição “está engajada em um projeto de Estado para pensar o país em longo prazo”.

Assim, quando não se alcançam as metas elencadas e as promessas não se materializam, põem-se à luz muitas das dificuldades estruturais ao desenvolvimento. E, entre estas, encontra-se o desconpasso entre as exigências do sistema urbano brasileiro e a capacidade de o Estado enfrentar os desafios urbanos contemporâneos.

O Estado brasileiro cresceu muito nas últimas décadas. Mas ainda não atentou para a necessidade de estruturar, nos três níveis de governo, um sistema de planejamento compatível com os avanços políticos obtidos com a democratização. Nós fomos capazes de construir um importante, complexo, diverso e rico sistema de cidades. Mas também se promoveu um enorme passivo socioambiental, crescente desigualdade intraurbana e escassez na prestação dos serviços públicos urbanos.

As coisas ficaram mais complexas e a discricionariedade de bons e honestos governantes não é mais suficiente. Os problemas urbanos não se resolverão por mágica, por promessa ou apenas por ‘vontade política’. Nossas cidades precisam de políticas públicas consistentes, implantadas com continuidade, de amplo conhecimento, que garantam a todo cidadão o pleno exercício do ‘direito à cidade’.

Vencido o mês do futebol, espero que o Brasil tenha sido vitorioso. Se possível, também nas quatro linhas. Mas, de qualquer modo, sairá desta Copa do Mundo um país mais atento às dificuldades de suas cidades. ■

SÉRGIO MAGALHÃES

Programa de Pós-graduação em Urbanismo (Prourb), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro
sfmagalhaes@hotmail.com
www.cidadeinteira.blogspot.com

HUGO FERNANDES-FERREIRALaboratório de Mastozoologia,
Departamento de Sistemática e Ecologia,
Universidade Federal da Paraíba

Uma anta pode ensinar cientistas?

Clarindo, ribeirinho de Rondônia, dizia: “Aqui tem duas ‘qualidades’ de anta: a sapateira, que é essa anta cinza e grande que todo mundo conhece, mas tem uma pequena também, que é toda preta.” E Adalberto, indígena do Pará, confirmava: “Aqui a gente caça dois tipos de anta: uma grande e uma pequena, que a gente chama de pretinha. E as duas não se cruzam.”

Assim como essas frases, escutei tantas outras em expedições pela Amazônia. Caçadores rurais, ribeirinhos e indígenas apontavam a existência de duas espécies de anta. E falavam sobre isso com propriedade e normalidade, sem sequer desconfiar que o resto do mundo não sabia disso. Nem sonhavam que muitos acadêmicos subestimavam e desconsideravam, muitas vezes de forma arrogante, a possibilidade de haver no Brasil uma espécie congênere de *Tapirus terrestris*, a tão conhecida anta sul-americana.

Pois bem. Recentemente, em dezembro de 2013, foi revelada, na revista científica *Journal of Mammalogy* (94:1331–1345), a importante desco-

berta de *Tapirus kabomani*, anta de coloração negra e porte menor que a anta comum, com possível distribuição ampla pela Amazônia. O artigo é assinado pelo paleontólogo Mário A. Cozzuol, da Universidade Federal de Minas Gerais, e por outros pesquisadores. Para a ciência, trata-se de uma das mais importantes descobertas zoológicas dos últimos anos: é o maior mamífero descrito como nova espécie no último século. Para Clarindo e Adalberto, no entanto, não há nenhuma novidade, por ser um animal bem conhecido e parte da subsistência alimentar da família.

É interessante ressaltar que um dos crânios analisados para essa descrição foi coletado por Theodore Roosevelt, em sua expedição pelo oeste brasileiro em 1913, e que ele próprio afirmou que os nativos locais diferenciavam duas espécies de anta. E outras afirmações semelhantes foram lançadas por alguns estudiosos desde essa época.

Essa descrição permite lembrar histórias parecidas. Em 2010, Tael, um mateiro rondoniense, afirmou categoricamente em uma conversa

O surgimento da etnozoologia tem revelado acadêmicos que não apenas atribuem valor ao conhecimento nativo local, mas o têm como sua fonte principal

com biólogos que os gatos-do-mato imitavam macacos para atraí-los e atacá-los. Um renomado zoólogo presente na ocasião considerou a afirmação inverídica. O que o cientista não sabia é que, meses antes, na Reserva Adolpho Ducke, em Manaus (AM), o biólogo Fabiano Calleia e sua equipe, em pesquisa feita na Universidade Federal do Amazonas, registraram um gato-maracajá (*Leopardus wiedii*) imitando a vocalização do primata sauí-de-coleira (*Saguinus bicolor*) para predá-lo.

A presença da sucuri (*Eunectes murinus*) no Ceará, amplamente apontada por pescadores e caçadores do litoral do estado, era desacreditada por muitos pesquisadores até Sanjay Mendonça e outros, em trabalho realizado na Universidade Federal do Ceará, documentarem a coleta de um indivíduo na zona costeira do município de Aquiraz, em 2009. Em Minas Gerais, embora agricultores apontassem a presença em suas terras do cachorro-vinagre (*Speothos venaticus*), este era tido por cientistas como extinto no estado. Até que, em 2007, Celio Valle, então diretor do Instituto Estadual de Florestas, avistou o animal no Parque Estadual Veredas do Peruaçu, onde o biólogo Guilherme Ferreira, do Instituto Biotrópicos, o fotografou em 2012.

Nos últimos anos, com o auxílio de informações e ações de habitantes locais, a equipe do professor Jader Marinho-Filho, da Universidade de Brasília, tem apontado uma das maiores densidades populacionais de onça-pintada no Brasil em serras do Piauí, enquanto parte da comunidade acadêmica afirmava que a espécie estava extinta nas regiões secas do Nordeste.

Se outrora Georges Marcgraf (1610-1644), Manuel Aires de Casal (1754-1821), João S. Feijó (c.1760-1824), Johann von Spix (1781-1826), Carl von Martius (1794-1868) e Rudolf von Ihering (1818-1892), entre diversos outros naturalistas que fizeram contribuições inestimáveis

A fusão entre o conhecimento zoológico científico e o tradicional é o primeiro passo para iniciar a elaboração de estratégias de manejo e conservação de animais

para a história natural brasileira, destacavam e valorizavam o conhecimento das comunidades tradicionais, boa parte dos acadêmicos de hoje parece não só ter abandonado mas também subestimado a prática. Em 2010, ouvi de um zoólogo que a anta-preta se tratava, sem menor sombra de dúvida, de juvenis de anta comum ou mesmo de mais um item lendário ou mitológico.

Há, porém, numerosos exemplos de pesquisadores atuais que felizmente não atendem a esse padrão. Cozzuol e sua equipe, os autores da descrição da anta-preta, ressaltam no artigo que o trabalho não teria sido possível sem a devida valorização do conhecimento nativo local. Além disso, o surgimento da etnozootologia tem revelado acadêmicos que não apenas atribuem valor a esse conhecimento, mas o têm como sua fonte principal. Como exemplo, a equipe liderada pelo biólogo Rômulo Alves, da Universidade Estadual da Paraíba, tem colocado o Brasil em uma posição de destaque mundial na produção de artigos sobre uso e conservação de animais silvestres por essa perspectiva.

Informações etnozootológicas têm contribuído também para pesquisas de caráter puramente zoológico, em temas como taxonomia, inventários e distribuição geográfica da fauna silvestre, incluindo descobertas de novas espécies animais. A fusão entre o conhecimento zoológico científico e o tradicional é o primeiro passo para iniciar a elaboração de estratégias de manejo e conservação de animais. Isso contribui para que a fauna silvestre seja devida-

mente valorizada não só do ponto de vista ecológico, mas também econômico e social, além de fornecer subsídios que ajudem a implantar estratégias de gerenciamento e conservação das espécies embasadas na realidade social. Desconsiderar essas questões significa perda de informações, de dinheiro investido e de tempo, e leva principalmente a déficit de eficácia em trabalhos que variam da descrição de espécies a planos de conservação.

Obviamente, nem todo conhecimento tradicional pode corroborar o científico. Basta lembrar as centenas de crenças e superstições infundadas envolvendo os répteis, como as das serpentes que cantam, bebem leite humano, voam e hipnotizam, fortalecendo o temor da sociedade em relação a esses animais. Lembramos também que a população indígena e rural vê onça-preta e onça-pintada como espécies diferentes, mas os zoólogos sabem que as diferenças de coloração são apenas variações comuns à espécie *Panthera onca*. Em resumo, é lógico que devemos filtrar as informações fornecidas por essas comunidades, mas jamais devemos desprezá-las. Afinal, ainda há centenas de novas espécies, relações comportamentais e ecológicas a serem descritas usando o conhecimento tradicional como alicerce.

Por falar nisso, lembrei-me do cearense Antônio Arapuça, que, a exemplo de inúmeros sertanejos, caixaras e pantaneiros de diversas partes do Brasil, afirma que existem duas espécies de onça-parda (*Puma concolor*). Será, seu Antônio? 

Autofagia: um achado importante

Processo de limpeza interna das células está presente no envelhecimento, na origem do câncer e em diversas outras doenças

**LARISSA MATTOS FEIJÓ,
LARISSA MARTINS SILVA E
LEONARDO H. TRAVASSOS**

Laboratório de Fisiologia da Respiração,
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho,
Universidade Federal do Rio de Janeiro
leo.travassos@biof.ufrj.br

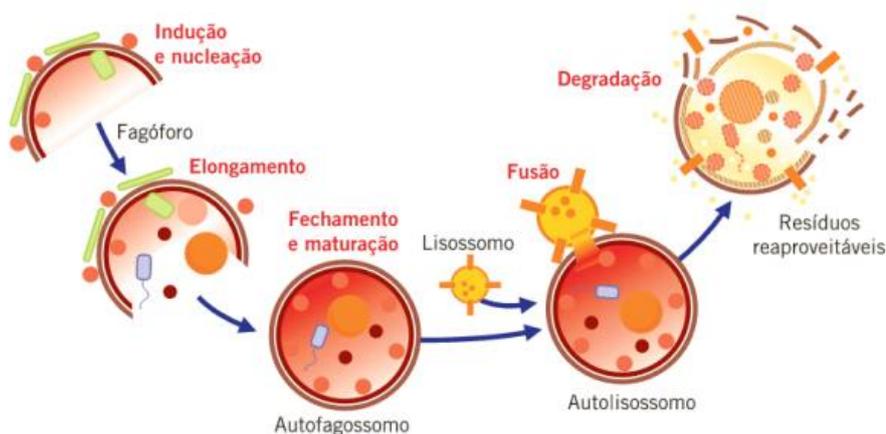
Um processo interno das células, visto de início como uma atividade de limpeza de resíduos, vem revelando ter papéis de grande importância, inclusive em relação a várias doenças humanas. As pesquisas que identificaram a autofagia e aos poucos mostraram como ela ocorre e qual sua importância para o organismo compõem uma história recente, interessante e ainda não encerrada.

O estudo da autofagia ganhou grande impulso nos últimos 10 anos, com um aumento excepcional no número de artigos publicados. Isso decorre, em parte, da relevância desse processo para a manutenção do equilíbrio interno (homeostase) das células e para seu desenvolvimento. No entanto, além dessas funções já conhecidas, falhas na autofagia foram associadas também a doenças humanas, o que explica o aumento do interesse no entendimento do fenômeno.

A autofagia é um processo de limpeza interna nas células, no qual porções do citoplasma são englobadas por

vesículas de membrana dupla, os autofagossomos, que depois se fundem com lisossomos, organelas encarregadas de destruir materiais nocivos ou envelhecidos. Os lisossomos degradam o conteúdo dos autofagossomos, e os resíduos, ao retornar ao citoplasma, podem ser aproveitados na síntese de novas moléculas. Mas como esse processo, essencial para a sobrevivência das células, foi identificado, e que importância tem seu estudo?

O termo autofagia – do grego *auto* (a si mesmo) e *phagein* (comer) – foi usado pela primeira vez em 1963, por Christian de Duve (1917-2013), no



A autofagia começa com o surgimento de uma estrutura em forma de cuia, o fagóforo, composta por diversas proteínas. Em seguida, essa estrutura se fecha em torno de materiais celulares presentes no citoplasma e que devem ser degradados, formando o autofagossomo. Este então se funde com um lisossomo, responsável por essa degradação, e os resíduos podem ser reaproveitados pela célula.

primeiro Simpósio da Fundação CIBA Sobre Lisossomos. Esse biólogo celular belga, que receberia o Prêmio Nobel de Fisiologia em 1974, pela descoberta dos lisossomos, lançou também, em 1955, os termos 'endocitose' (entrada de material particulado em células vivas, através da membrana) e 'exocitose' (saída de material da célula). Cunhados "em um momento muito criativo", segundo De Duve, esses termos continuam em uso.

DESCOBERTAS EM SÉRIE De Duve é considerado o fundador dessa área da pesquisa celular, mas as observações iniciais foram feitas, nos Estados Unidos, entre 1957 e 1959, pelos biólogos Sam L. Clark Jr. (1926-2012) e Alex B. Novikoff (1913-1987). Em estudos independentes, eles registraram a presença de mitocôndrias (organelas responsáveis pela geração de energia nas células) dentro de compartimentos delimitados por membranas. O termo autofagia passou então a ser usado para descrever vesículas de membrana simples ou dupla do citoplasma em diferentes etapas de degradação.

O período de 1950 a 1980 ficou marcado como a 'época de ouro' das análises da autofagia. Enquanto De Duve, Clark e Novikoff examinaram em maior detalhe as etapas finais do processo (os instantes antes da fusão autofagossomo-lisossomo), o biólogo norueguês Per Seglen concentrou esforços nas fases iniciais do processo e identificou duas estruturas: o fagóforo, que dá origem ao autofagossomo, e o anfissomo, que marca a convergência entre a autofagia e a endocitose.

A chamada 'era molecular' do estudo da autofagia começou no final da década de 1990. As primeiras descobertas sobre o controle em nível molecular da autofagia permitiram aos cientistas manipular o processo e com isso ampliar rapidamente o conhecimento sobre ele, com impacto no entendimento de doenças humanas.

Embora a autofagia tenha sido identificada de início em mamíferos, o grande avanço em sua compreensão

ocorreu em estudos com leveduras. Na década de 1990, os trabalhos pioneiros do biólogo japonês Yoshinori Ohsumi revelaram que, nesses organismos, o processo é similar ao que ocorre em mamíferos e permitiram identificar o gene *ATG1*, essencial para a formação do autofagossomo. Isso levou à busca dos genes envolvidos na autofagia em organismos mais complexos. Noboru Mizushima, ainda no laboratório de Ohsumi, identificou os primeiros genes ligados ao processo em mamíferos (*ATG5* e *ATG12*) e demonstrou que o complexo proteico ATG5-ATG12, que atua na formação dos autofagossomos, é conservado ao longo da evolução.

Outro pesquisador do laboratório de Ohsumi, Tamotsu Yoshimori, descobriu que a proteína LC3, importante na formação do autofagossomo, é semelhante à proteína ATG8 de leveduras. Esse achado deu origem à maior parte dos ensaios que facilitaram a detecção da ocorrência da autofagia, usados por todos os laboratórios da área.

AUTOFAGIA E DOENÇAS As pesquisas indicam que a autofagia está presente na origem do câncer e de doenças neurodegenerativas e outras, além de estar envolvida no envelhecimento e na defesa contra infecções por micro-organismos.

No caso do câncer, novas técnicas moleculares permitiram identificar a primeira conexão entre defeitos na autofagia e o surgimento do mal. Uma das principais descobertas nesse sentido ocorreu no laboratório da médica norte-americana Beth Levine, do Centro Médico do Sudoeste (Universidade do Texas, Estados Unidos), onde foi constatado que a proteína beclina 1, conservada na evolução e essencial para a autofagia, também atua como supressora de tumores.

Os primeiros relatos que associavam a autofagia a doenças neurodegenerativas datam do final da década de 1980, quando autofagossomos contendo proteínas relacionadas à doença de Alzheimer foram observadas em pacientes desse mal. Achados seme-

lhantes ocorreram em outras doenças neurológicas, como a doença de Huntington. Mais recentemente, o grupo do neurocientista David Rubinsztein, da Universidade de Cambridge (Inglaterra), mostrou que a autofagia é responsável por degradar agregados proteicos que se acumulam na doença de Huntington.

A autofagia está ligada ao envelhecimento porque, ao longo de sua vida, as células acumulam proteínas e organelas danificadas (mitocôndrias, por exemplo), que precisam ser degradadas. Em paralelo, a atividade autofágica diminui com o avanço da idade, como mostraram estudos feitos em roedores pelo médico Ettore Bergamini (Universidade de Pisa, Itália).

O sistema imunológico, que combate 'invasores' do corpo, também se vale da autofagia. Trabalhos de Yasuko Rikihisa (Universidade do Estado de Ohio, Estados Unidos) revelaram, já em 1984, que a infecção pela bactéria *Rickettsia* (encontrada em carrapatos) induz aumento na autofagia. Mas o papel do processo só se tornou claro após o surgimento de técnicas que detectam a autofagia em células infectadas. Em 2004, os grupos de Yoshimori (no Japão) e dos biólogos Vojo Deretic (Universidade do Novo México, Estados Unidos) e Maria Isabel Colombo (Universidade Nacional de Cuyo, Argentina) determinaram que esse processo celular é essencial no combate a infecções por bactérias que se multiplicam dentro das células.

Os pontos abordados permitem perceber que o conceito de autofagia vai muito além de 'comer a si mesmo'. De fato, o grande crescimento dos estudos sobre esse processo celular revela que é importante em um contexto biológico maior do que se imaginava – abrange não apenas seu papel na sobrevivência celular, mas também em outros campos da ciência, como na origem de doenças. Assim, a elucidação de seus mecanismos, de sua regulação e de suas funções é fundamental para entendermos diferentes processos, além da homeostase geral do organismo. **EF**

A invenção do logaritmo

1614. CRIADAS AS PRIMEIRAS TÁBUAS LOGARÍTMICAS. Na Antiguidade, a criação dos números veio suprir a necessidade de fazer o registro de terras e animais e calcular o valor de taxas. Mas, à medida que a quantidade de cálculos aumentava, sobretudo na navegação e na astronomia, eram necessários métodos novos e mais precisos para obter operações de multiplicação e divisão de números grandes. Para reduzir o tempo gasto nesses cálculos, que chegava a dias ou meses, foram criados vários dispositivos, entre eles a notação indo-arábica, as frações decimais, as tabelas trigonométricas e os logaritmos. O escocês John Napier (1550-1617) levou 20 anos para desenvolver a teoria dos logaritmos e a explicou em termos geométricos. O resultado desse trabalho foi publicado em 1614 no livro *Mirifici logarithmorum canonis descriptio* (*Descrição da maravilhosa lei dos logaritmos*). A palavra logaritmo, adotada por Napier, significa 'número de razão'.



Capa da primeira edição da obra *Descrição da maravilhosa lei dos logaritmos*, de 1614. Abaixo, retrato de John Napier pintado em 1616. A obra está na Universidade de Edimburgo, Escócia



SILVIA GIULIATTI WINTER

Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia,
Universidade Estadual Paulista (*campus* Guaratinguetá)

PARA SIMPLIFICAR cálculos gigantescos, Napier associou os termos de uma progressão aritmética (sequência de números reais cuja diferença entre um termo e seu antecedente, a partir do segundo, é uma constante) aos de uma progressão geométrica (sequência de números reais não nulos cujo quociente entre um termo e seu antecedente, a partir do segundo, é uma constante). Acredita-se que provavelmente ele conhecesse o método para reduzir a multiplicação (conhecido como prostaférese) em uso na Dinamarca quando começou a pensar em logaritmo. A relação abaixo, que é o que Napier chamava de 'tábua de logaritmos', é uma correspondência de termos de uma progressão geométrica (potências de um certo número b) com os de uma progressão aritmética:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	...	Progressão aritmética	
1	2	4	8	16	32	64	128	256	...	Progressão geométrica

O número 100, por exemplo, está entre os números 64 e 128 na progressão geométrica e corresponde a um número que está entre VI e VII na progressão aritmética. Na progressão geométrica, associamos os números b^I , b^{II} , b^{III} , b^m , ..., b^n , ... Então o produto de $b^m \cdot b^n = b^{m+n}$. Na tabela acima, $b = 2$.

O problema dessa tábua é que, como potências de 2 crescem rapidamente, teríamos um número com poucas multiplicações. Vamos supor então, seguindo o exemplo de um cálculo proposto pelo matemático inglês Ian Stewart em seu livro *17 equações que mudaram o*

munho (Zahar, 2013), $b = 1,001$ e realizar a multiplicação de 2,67 por 3,51, usando a fórmula $b^m \cdot b^n = b^{m+n}$. Calculando $(1,001)^{983}$, chegamos a 2,67 e $(1,001)^{1256} = 3,51$. Então:

$$2,67 \times 3,51 = (1,001)^{983} \times (1,001)^{1256} = (1,001)^{(983+1.256)} = (1,001)^{2.239} = 9,37$$

Os números 983 e 1.256 são os logaritmos dos números 2,67 e 3,51, respectivamente. Para melhorar a precisão, era necessário um número mais próximo de 1. Cabe frisar que se deve calcular uma longa tabela (mas uma vez só!), começando com potência de 2 até 1.000; ao fim dessa árdua tarefa, basta procurar 2,67, localizar 3,51 e somar seus logaritmos (983 e 1.256) para se obter 2.339. Procurar nessa potência o valor do produto, que é o resultado desejado: 9,37.

Napier começou com um número ligeiramente menor que 1, para manter os termos da progressão geométrica o mais próximo possível. Escolheu $b = (1 - 1 \times 10^{-7}) = 0,999999$. Para evitar números decimais, multiplicava cada potência por 10^7 . O logaritmo de Napier é o L na equação abaixo:

$$N = 107 (1 - 1 \times 10^{-7})^L$$

FERRAMENTA ESSENCIAL É importante lembrar que, à época, Napier não adotou o conceito de base. Ele trabalhou em sua teoria ao longo de duas décadas e a explicou em termos geométricos. O resultado de seu esforço está na obra *Descrição da maravilhosa lei dos logaritmos*. Esse livro, que contém uma tábua de logaritmos de senos de ângulos para minutos sucessivos de arcos, despertou o interesse da comunidade científica, em particular do matemático inglês Henry Briggs (1561-1631), que viajou até Edimburgo para encontrar-se com Napier.

Após longas discussões, Briggs e Napier concordaram que as tábuas seriam mais úteis se o logaritmo de 1 fosse 0 e o logaritmo de 10 fosse uma potência de 10. Nasceram assim os logaritmos de base 10, chamados de logaritmos comuns. Briggs também adotou uma base ligeiramente maior que 1, simplificando ainda mais o trabalho.

Em 1617, ano da morte de Napier, Briggs publicou o livro *Logaritmo do primeiro milhar*, uma tábua de logaritmos na base 10 de números inteiros de 1 a 1.000, com precisão de 14 casas decimais. A partir daí as tábuas, cada vez mais completas e precisas, se tornaram uma ferramenta indispensável para cientistas, engenheiros e navegadores. Bonaventura Cavalieri (1598-1647) as divulgou na Itália; Johannes Kepler (1571-1630), na Alemanha; e Edmund Wingate (1596-1656), na França.

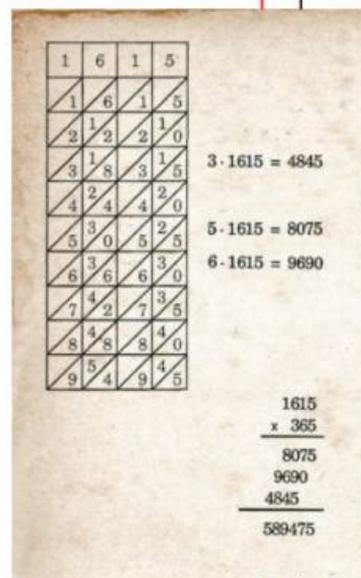
O suíço Jobst Bürgi (1552-1632) adotou uma abordagem algébrica para construir sua tábua de logaritmos, publicada em 1620. Tanto ele quanto Napier partiram

OSSOS (OU BARRAS) DE NAPIER

Nascido perto de Edimburgo, Escócia, e herdeiro de grandes propriedades, John Napier estudou em casa até os 13 anos. Quando esteve na Universidade de St Andrews, interessou-se por teologia, particularmente pelo livro do *Apocalipse*. No início da década de 1570, após uma temporada de estudos na França, Itália e Alemanha, voltou para casa, o castelo de Merchiston, para se casar e cuidar da propriedade.

Ele considerava sua maior contribuição ao conhecimento seu livro *Descoberta da revelação de São João*, de 1593. A obra chegou a ser editada 21 vezes na Inglaterra. Napier acreditava que seria lembrado por essa obra, na qual afirmava que o papa era o anticristo e que o criador planejava destruir o mundo por volta de 1688-1700.

Napier gostava de astronomia e era um matemático amador. Outras contribuições suas na área, além da invenção do logaritmo, são as regras das partes circulares, duas fórmulas trigonométricas e os chamados 'ossos' (ou barras) de Napier, conjunto de 10 bastões marcados com números que simplificava as operações de multiplicação e divisão, como mostra a figura. Napier morreu em 1617, ano da publicação de sua obra *Rabdologia*, em que apresentava os 'ossos' de Napier.



Exemplo da multiplicação de dois números (1.615 x 365) dado por Napier na obra *Rabdologia*. As barras 1 6 1 5 devem ser posicionadas lado a lado (as diagonais separam as dezenas das unidades) e prosseguir com a multiplicação: 3×1.615 , 6×1.615 , 5×1.615 . Somar os produtos para obter o resultado

de sequências aritméticas e geométricas, mas os dois apresentam diferenças nos termos e valores numéricos usados. Bürgi escolheu um número maior que 1 ($1 + 1 \times 10^{-4}$) e multiplicava suas potências por 10^8 .

Em 1619, dois anos após a morte de John Napier (ver 'Ossos (ou barras) de Napier'), foi publicado seu livro *Construção da maravilhosa lei dos logaritmos*, no qual ele descreve em detalhe como foi construída a primeira tabela de logaritmos comuns. As tábuas logarítmicas foram usadas até a década de 1970, quando se tornaram obsoletas após o surgimento das calculadoras eletrônicas. ■

ABAIXO DA CRÍTICA

A batalha do autismo – Da clínica à política

Éric Laurent

Rio de Janeiro, Editora Zahar, 224 p., R\$ 49,90



ESCRITO PELO PSICANALISTA francês Éric Laurent, este livro se propõe a oferecer um painel dos debates referentes ao autismo, bem como a desmistificar a burocracia sanitária, possibilitando perspectivas ao tratamento das pessoas autistas. Sua leitura é, a princípio, extremamente interessante, como o é a leitura de qualquer panfleto, considerado pelo dicionário *Aurélio* como um escrito satírico ou violento, geralmente político. Assim, já como ponto de partida, não se pode considerá-lo um livro científico. Apesar disso, podemos dividi-lo em duas partes bastante distintas.

Uma delas, composta pelo prólogo, pelos três capítulos da parte dois, pela conclusão e pela própria introdução ao leitor brasileiro, consiste em um libelo que, no país, tem um endereço específico: a determinação da Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo, exigindo o diagnóstico a partir de avaliação neurológica e/ou psiquiátrica, e atendimento multiprofissional, a partir de abordagens em linguagem pragmática e em técnicas cognitivo-comportamentais, fatos tidos como inadmissíveis por toda uma gama de profissionais, embora tenham aceitação internacional. Trata-se assim de mera discussão e defesa sobre mercado de trabalho, ainda que tente se justificar sob a égide de uma visão democrática e (como era de se esperar nesta pós-modernidade) politicamente correta.

Para tal justificativa, alguns argumentos, que devem ser pensados, são utilizados. Citando o livro *Impossibilidades intelectuais*, de Alan Sokal e Jean

Bricmont (Record, 1991), podemos observar uma confusão entre o sentido corriqueiro e o técnico das palavras, bem como em ambiguidades que são frequentes em todo o texto.

Um bom exemplo encontra-se logo ao se iniciar a segunda parte, quando se destaca que a medicina baseada em evidências “recusa as coortes de caso com seu acompanhamento”, esquecendo-se que estudos de coorte, muito utilizados em epidemiologia, correspondem a “se partir de um fator de exposição (causa) para se descrever a incidência e analisar associações entre causas e doenças. Fornece assim excelentes informações sobre as causas de uma doença, embora apresente alto custo e demande longo período de tempo, podendo ser confundido com estudos de caso-controlado”. O que realmente não se diz é que estudos de coorte não correspondem a meros estudos de caso, realizados de maneira descritiva e anedótica, como muitos são descritos no decorrer da obra. Da mesma maneira, inúmeras outras afirmações são feitas desconsiderando o significado técnico, o que ocasiona erros de interpretação e, principalmente, afeta a credibilidade da obra.

A segunda parte, um pouco mais séria, trata a questão do autismo sob uma ótica extremamente específica, lacanianiana, que, no dizer de Catherine Meyer, em *O livro negro da psicanálise* (Civilização Brasileira, 2011), reflete a *décalage* [descompasso] entre a hegemonia da psicanálise na França e seu declínio no restante do mundo, frisando que somente Brasil

e Argentina acompanham esse movimento conservador.

Considerando essa parte teórica, as mesmas críticas me parecem procedentes, uma vez que teorias especulativas são apresentadas como ciência estabelecida – mesmo se não considerarmos as que Sokal e Bricmont apontam exaustivamente quando se referem à utilização que Jacques Lacan faz de palavras como ‘topologia’ ou ‘toro’, procurando dar uma aparência matemática (enquanto “ciência pesada”) para analogias arbitrárias. Assim, considerando-se o tema, autismo, antes de lançarmos generalizações teóricas (e, neste caso, a partir de pouquíssimos casos relatados), seria interessante que nos debruçássemos sobre dados empíricos (bastante desvalorizados pelos intelectuais pós-modernos) para checar a procedência de determinadas afirmações.

Em função dessas breves considerações em ambas as partes do livro, a situação deve ser analisada a partir de dados referentes à eficácia de determinados métodos, exaustivamente estudados, com revisões e experimentos recentes, e não a partir de estudos de casos individuais. Entretanto, estudos controlados e com metodologia replicável e adequada – como os apresentados por Boyd et al no *Journal of Autism and Developmental Disorders* (44:336-380, 2014) – são desconsiderados por esta obra, tanto sob o ponto de vista teórico (que permitiria a reformulação de teorias, fato fundamental para qualquer ciência) quanto sob o ponto de vista prático.

Talvez isso esteja presente porque, sob determinadas condições (e a defesa de mercado é uma delas), o mundo real dificilmente importa (e, neste caso, os indivíduos autistas), embora o objetivo básico a ser buscado deva ser o desenvolvimento de estratégias eficientes para verificação dos fatos, usando-se para isso bases de dados universalizadas, que permitam a escolha dos melhores e mais eficazes projetos terapêuticos. Principalmente se pensamos em saúde pública, a qual deve maximizar os benefícios para a maior parcela da população atendida, considerando-se os exíguos recursos a ela destinados. Deve-se, portanto, 'chegar' a eficácia dos métodos terapêuticos propostos não a

partir de modelos teóricos, embasados na autoridade de quem fala, mas sim a partir de testes empíricos e da análise dos resultados obtidos em diferentes locais e ambientes.

A nada disso o presente livro se propõe. Resta-nos então lê-lo por aquilo que de fato é: um texto com interesses explícitos, pouco conteúdo de base científica e totalmente desatualizado em relação ao que se pensa sobre autismo, no mundo, hoje.

Para quem ainda não acredita, sugiro a leitura do número de janeiro de 2014 da *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America* (23:1), que traz artigos recentes e documentados sobre o manuseio agudo dos 'transtornos do espectro do

autismo'. Independentemente da crença ou das falhas (indubitáveis) presentes no DSM 5 (Dicionário de Saúde Mental, da Associação Americana de Psiquiatria), utilizado pela publicação, é, ao menos, uma informação atual e razoavelmente embasada.

Francisco Assumpção

Instituto de Psicologia,
Universidade de São Paulo

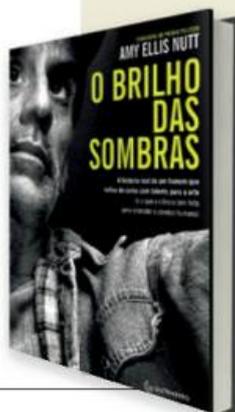
O brilho das sombras

Amy Ellis Nutt

Belo Horizonte,
Editora Gutenberg,
239 p., R\$ 37,90

Nesta obra, a jornalista norte-americana Amy Ellis Nutt discute casos de problemas neurológicos um tanto diferentes a partir da história de vida de Jon Sarkins. Aos 35 anos, Sarkins sentiu um vaso sanguíneo do cérebro se mover e, a partir de então, um forte ruído passou a atormentá-lo. Submetido a uma cirurgia cerebral, teve um acidente vascular e acabou sofrendo uma mudança radical em sua personalidade. Vencedora do Prêmio Pulitzer, a autora debate as funções do cérebro e sua relação com as questões da personalidade, além da capacidade médica de interferir no

cérebro para solucionar problemas. Neste instigante suspense da neurociência, as tentativas da medicina neurológica dividem-se em histórias amedrontadoras e surpreendentes.



Copas do Mundo: comunicação e identidade cultural no país do futebol

Ronaldo Helal e Alvaro do Cabo (orgs.)

Rio de Janeiro, EdUERJ,
2014, 314 p., R\$ 40

Da educação física à antropologia, o livro propõe reflexões de natureza sociológica sobre nove Copas do Mundo e uma Copa das Confederações. Como foi, afinal, que na cultura brasileira se enraizou a identidade de 'país do futebol'? A obra analisa a dimensão simbólica desse esporte. Em 12 ensaios, 15 autores de diferentes instituições discorrem sobre a relação entre o estilo futebolístico brasileiro e a própria cultura de nosso país. Os autores também ajudam o leitor a entender as diferentes interpretações a respeito do binômio futebol-pátria – gostemos ou não, o esporte influencia cada canto do país e permeia todas as classes sociais.



Em busca do infinito: uma história da matemática dos primeiros números à teoria do caos

Ian Stewart

Rio de Janeiro, Zahar, 2014. 384,
R\$ 54,90 (e-book: R\$ 37,90)

Poucos são os autores capazes de falar sobre matemática de maneira tão simples. Mas o britânico Ian Stewart, veterano na divulgação da área, o faz de maneira envolvente e precisa. Aqui, sua proposta é ousada: contar uma história da matemática desde o surgimento dos primeiros números, na Mesopotâmia, até os desafiadores problemas sobre os quais se debruçam matemáticos dos dias de hoje. Em narrativa agradável, o autor apresenta o contexto histórico das descobertas matemáticas mais importantes de nossa civilização; e também os conceitos – aparentemente impenetráveis – que se escondem por trás dos grandes debates travados ao longo de tantos séculos. Stewart narra as origens da geometria; da álgebra; dos números primos; da computação; dos símbolos matemáticos que usamos hoje... E não deixa de dar exemplos claros de como a ciência dos números está presente em cada detalhe de nossa moderna vida cotidiana.



CARPEAUX I

Ninguém tentou fazer de Otto M. Carpeaux [*'Cultura universal e repulsa ao despotismo', encarte Sobre Cultura n° 15*] "representante de um catolicismo conservador, de valores tradicionalistas, em perfeita dissonância com tudo o que mobilizou sua vida no Brasil". O que aconteceu foi que a esquerda e o próprio Carpeaux esconderam propositadamente a fase austríaca de sua carreira de escritor, que havia escandalizado alguns comunistas logo após a chegada dele ao Brasil, mas sem a qual sua obra inteira perde muito do seu sentido. No Brasil, Carpeaux tornou-se tão dependente de seus amigos comunistas que, segundo o escritor Carlos Heitor Cony, rezava escondido para que não soubessem que continuava católico. Consolidou-se assim a lenda de um Carpeaux marxista, escamoteando a riqueza e complexidade de um espírito cheio de contradições. Foi talvez pela impossibilidade de proteger essa lenda contra a pesquisa histórica que a esquerda, após haver tanto badalado e usado o escritor em vida, decidiu, após a morte dele, jogá-lo no esquecimento, do qual o retirei com a edição dos Ensaios reunidos, onde uma introdução de quase 100 páginas restabeleceu a verdade de sua biografia. Não espero elogios por esse feito, mas também não creio que mereça, por ele, só achincalhe e difamação.

Olavo de Carvalho
Comentário na CH *On-line*

CARPEAUX II

Eu gostaria de acrescentar um detalhe extremamente importante sobre o exílio em que viveu Carpeaux a partir de sua chegada ao Brasil. O exílio é sabidamente uma circunstância delicada, principalmente quando acontece depois da maturidade. Você perde sua família, seus amigos e relações, seus pontos de referência, toda a sua 'cultura', e tem de recomeçar a vida de novo. E surge a difícil tarefa de adaptar-se ao novo ambiente, tarefa difícil porque o exilado jamais consegue renunciar a seu passado, e precisa 'viver' duas realidades simultâneas. Lembro do comentário de Maritain sobre T. S. Eliot, quando lhe perguntaram

se o poeta se converteria ao catolicismo. Ele respondeu: "Não. Eliot exauriu sua capacidade de conversão quando tornou-se um inglês". Eliot não tinha forças para mais essa mudança, depois de ter renunciado à nacionalidade norte-americana. Do mesmo modo, Stefan Zweig, antes de suicidar-se, escreveu em sua carta de despedida que recomeçar a vida no exílio requeria muita força e que, aos 60 anos de idade, as forças dele se tinham esgotado. É muito provável que Carpeaux estivesse nessa mesma condição delicada, tentando adaptar-se a uma vida intelectual e social junto à intelectualidade brasileira, que era maciçamente de esquerda, e ao mesmo tempo incapaz de renunciar completamente à sua fé católica e a ideias conservadoras bem assentadas. Um conflito extenuante para a alma.

Paulo Rocha
Comentário na CH *On-line*

LIXO ELETROELETRÔNICO

Tenho 17 anos e sou aluno do terceiro ano do ensino médio. Logo que me deparei com a reportagem de capa [*'Lixo eletroeletrônico', CH 314*] da revista, da qual sou um leitor fiel, fiquei muito empolgado, pois este, assim como alguns outros assuntos, aparecem apenas de relance em alguns meios de comunicação (...). O artigo foi muito esclarecedor, apresentando dados que não conhecia, como os percentuais dos materiais utilizados na produção de eletrônicos e o crescimento a cada dia maior dessas indústrias, que sugam grande parte de nossos recursos naturais. Acredito apenas que, mesmo não sendo o principal foco da revista e do próprio trabalho, poderiam ser abordadas com maior profundidade as questões da manipulação da obsolescência programada e perceptiva de todos os objetos eletrônicos (...). Um exemplo, no mundo atual, são os Estados Unidos, que enviam seus produtos eletrônicos já considerados obsoletos para países subdesenvolvidos com leis ambientais menos rigorosas. Também senti falta da divulgação de locais próprios para descartar eletrônicos. Jovens cidadãos, como eu e muitos outros, que não desejam poluir o ambiente ou esterilizar o solo com nosso lixo podem aprender a

preservar o meio ambiente. No meu ponto de vista, alguns dos locais mais propícios para a coleta desses materiais seriam as escolas, que podem conscientizar seus alunos, os principais consumidores desses produtos atualmente.

Gilmar Tavares Santos
Cotia, SP

ILHA DO ARVOREDO

Como biólogo e mergulhador concordo que, não há dúvidas, os mergulhadores, operadoras e barcos prejudicam o ambiente explorado turisticamente. Mas considero ser possível compatibilizar as atividades turísticas do mergulho recreativo com a preservação da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo [*'Embate econômico e ambiental', CH 313*]. Acredito que um novo zoneamento das ilhas, permitindo atividades de mergulho em outros locais, não acarretaria grande risco de extinção das espécies nativas. Notem que defendo a abertura de 'algumas' áreas para o desenvolvimento dessas atividades. Seriam pontos específicos, que representariam sem dúvida menos de 10% da área de entorno das ilhas. Além disso, podemos refletir sobre a frase final da reportagem "de forma a garantir às gerações futuras um ambiente de rara beleza e alta biodiversidade". O mergulho é uma atividade contemplativa, e que não envolve a captura ou perseguição dos organismos observados. Será que não podemos sequer pensar em permitir a aproximação das pessoas a um ambiente a ser preservado? Será necessário excluir os humanos de qualquer contato com a natureza para que esta possa ser preservada, mesmo quando nosso objetivo seja somente a contemplação? Acho que a questão merece ser discutida. Não são apenas interesses econômicos que estão em jogo!

Carlos Benhur Kasper
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



FOTO: LUCIANO RODRIGUES

DESAFIO

Topologicamente, dá para transformar um A em um R. Quais outras letras maiúsculas são topologicamente equivalentes?

A BRAZUCA É UM CUBO

Estamos no meio da Copa. Certamente, gols sensacionais já ocorreram. Drama em campo, bate-boca, cera, cartões etc. Jogadas espetaculares se misturam com furos e bolas fora. Às vezes, a vontade é gritar “parece que eles estão jogando com uma bola quadrada!”

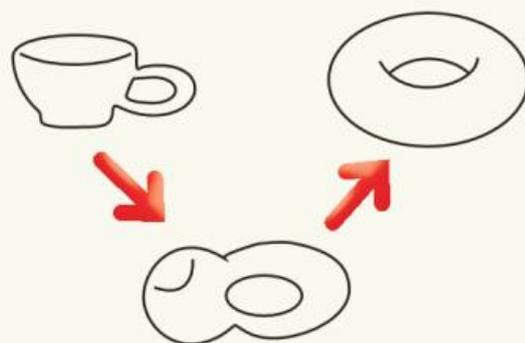
O desabafo acima merece correção. Um quadrado é uma figura plana, enquanto uma bola é um objeto tridimensional. Então, melhor seria dizer “parece que estão jogando com uma bola cúbica!” E é isso mesmo que estão fazendo nesta Copa no Brasil, segundo o matemático francês Étienne Ghys, em entrevista recente para a jornalista Ludmila de Lima, do jornal *O Globo* (<http://migre.me/jzcmY>).

Esse matemático acha que a bola é... cúbica?

Esclarecendo: Ghys adora o Brasil, acha a Brazuca uma bola belíssima e se diz “matematicamente brasileiro” – o que é grande elogio à qualidade da matemática feita no país. Além disso, claro que ele tem razão: a Brazuca, topologicamente falando, é um cubo.

Topologia é a área da matemática que estuda figuras que mantêm certas propriedades mesmo depois que a gente as estica, encurta, amassa, entorta. Pense em uma esfera feita de uma borracha superesticável. Ela tem uma região interior e outra exterior. E não importa o quanto você a estique, ela sempre separará o espaço nessas duas regiões. Isso é uma propriedade topológica.

Quando pensamos topologicamente, surgem equivalências curiosas. Por exemplo, uma xícara e uma rosquinha são a mesma coisa, como mostra a transformação esquematizada na figura. [Em tempo: esta coluna já tratou duas vezes de topologia (*CH235* e *CH314*)].



Como entender que a Brazuca é um cubo?

A bola desta Copa é uma figura formada por seis faces, oito vértices e 12 arestas. Soa familiar? Talvez, sim, pois essas são exatamente as características de um cubo!

Podemos deformá-la – só não vale cortar ou furar – até obtermos o tal cubo a que Ghys se referiu. E, se formos achatando suas arestas e curvando seus planos, um cubo se tornará uma bola.

Dada essa equivalência, entendemos o elogio do matemático francês: a Brazuca é, realmente, um cubo. Mas não custa torcer para que os nossos canarinhos continuem jogando uma bola redonda, certo? **GR**

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO Imagine que cada mensageiro tem uma probabilidade de 80% de cumprir sua missão – ou seja, em 20% dos casos, ele acaba preso ou morto. Se enviarmos cinco mensageiros de uma vez, a probabilidade de que nenhum deles cumpra sua missão será $(20/100)^5 = (0,2)^5 = 0,00032$. Isso significa que a probabilidade de, pelo menos, um mensageiro transmitir a mensagem é 0,99968 (aproximadamente 99,97%), o que, na prática, é quase uma certeza. Assim, se cada um dos generais mandar cinco mensageiros nessas condições, eles terão praticamente certeza de que haverá consenso sobre um horário para o ataque. Isso mostra como o uso de vários canais de comunicação pode compensar a possibilidade de falha.

MARCO MORICONI

Instituto de Física,
Universidade Federal
Fluminense

moriconi@cienciahoje.org.br

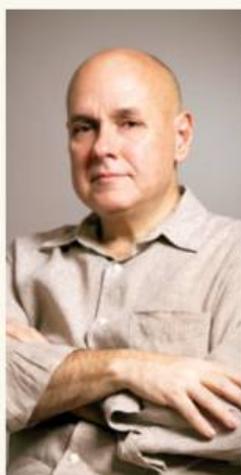


FOTO: CICERO RODRIGUES

Descontadas personagens específicas, ligadas à 'causa ambiental', a classe política brasileira é indiferente ao tema ambiental

POLÍTICA E EVENTOS EXTREMOS

Um dos mitos brasileiros mais renitentes diz respeito à inesgotabilidade dos recursos naturais à disposição do país. Desde a descrição contida na carta de Pero Vaz de Caminha a divagações ufanistas mais recentes, encontramos o mantra do país que detém a maior quantidade de recursos hídricos do planeta e a mais extensa área cultivável. O grande salto nas estimativas das reservas de petróleo e gás natural, em tempos recentes, soma-se a certo otimismo ecológico.

É certo que, a depender de como organizamos nossos dados, a sensação agregada de abundância de recursos salta à vista. No entanto, é incontornável a percepção de que os recursos hídricos não são exatamente bem cuidados. O estado dos principais rios brasileiros é alarmante. Além de tudo, nossa maior cidade e uma das maiores do mundo – São Paulo – encontra-se em estado de alarme hídrico.

Para além do debate técnico que a seca paulistana proporciona, trata-se de um fenômeno extremo que inscreve o tema ambiental na discussão a respeito do que seja uma vida boa. Eventos extremos – reais ou imaginados – podem ser excelentes oportunidades para a reflexão crítica e a intervenção inovadora. Há, por certo, uma suposição de ordem antropológica: a espécie humana talvez não seja de todo insensível a grandes sustos; a crença em sua adaptabilidade ao planeta exige que a hipótese do pior dos mundos seja levada em conta para determinar o que devemos fazer no presente.

É essa a aposta de uma das mais importantes obras de filosofia moral do século 20, *O princípio responsabilidade*, de Hans Jonas, lançado em 1979 e belamente editado no Brasil, pela Contraponto (2006). Jonas fala-nos de como os processos de aceleração tecnológica geram impactos cumulativos de longo prazo, com efeitos irreversíveis para o futuro da vida humana. No lugar de uma ética tradicionalmente voltada para a interação entre sujeitos no tempo presente, Jonas diz-nos da urgência de considerar o futuro como objeto de nossas preocupações éticas.

Nesse sentido, caberia à filosofia moral partir de uma “heurística do medo”, por meio da apresentação de cenários inóspitos e mesmo letais para a vida humana futura, mantidas as referências do utopismo tecnológico. O “princípio responsabilidade” significa considerar o risco do futuro sombrio como orientação a respeito do que fazer no tempo presente.

Eventos extremos, em um plano menos filosófico, invadem-nos já no tempo presente. De modo preocupante, tais eventos deixam de ser cenários possíveis e fixam-se na experiência diária dos cidadãos, afetando suas formas de vida. Uma das questões incontornáveis, postas pela presença do extremo na vida de cada dia, diz respeito à presença e à relevância do tema ambiental no mundo da política.

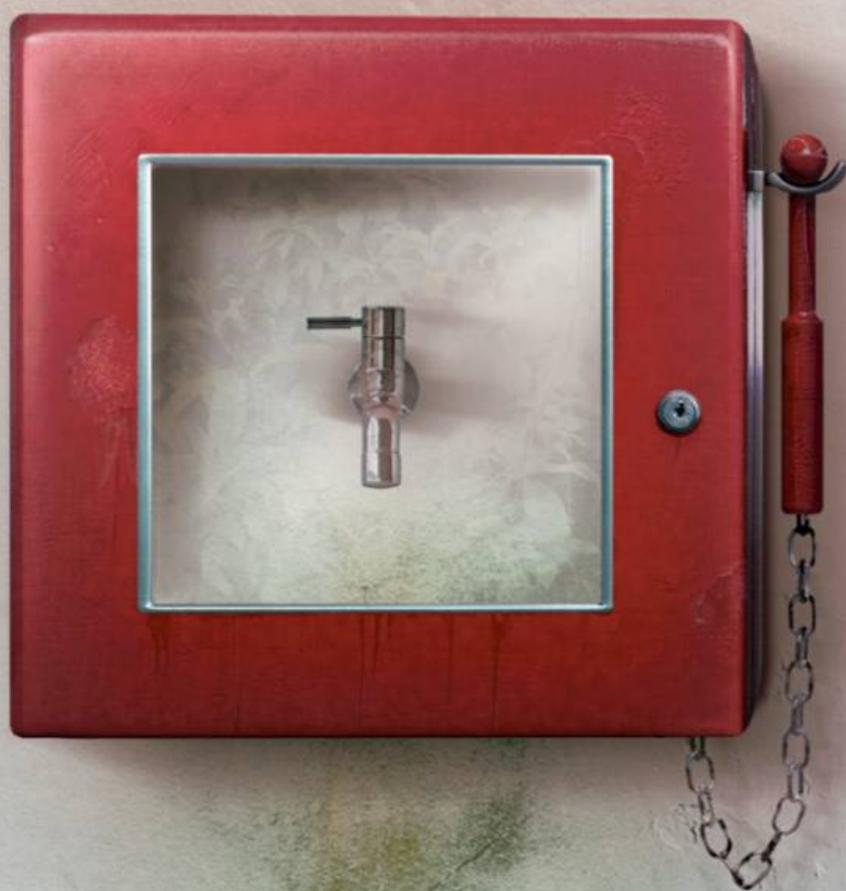
No Brasil, a percepção ambiental vem crescendo e se sofisticando nos últimos anos. O tema não mais aparece como exclusivamente voltado à preservação de espécies. Há uma percepção crescente de que a qualidade da vida nas cidades – lugares não naturais por excelência – é central para uma avaliação do estado do ambiente. Temas como trânsito, mobilidade e violência, por exemplo, tendem a integrar uma perspectiva ambientalista mais alargada, que associa à preservação da natureza preocupações a respeito da qualidade da vida em geral.

É o caso de perguntar: qual o impacto dessa sensibilidade crescente sobre o universo da política? Descontadas personagens específicas, ligadas à ‘causa ambiental’, a classe política brasileira é indiferente ao tema ambiental. Com relação ao ambiente, basta a indiferença para que o pior possa acontecer. Os motivos da indiferença talvez não estejam tanto em ideologias políticas, ainda que a crença nas virtudes do progresso material seja cláusula pétrea entre nós. Desconfio, mesmo, de um apagão cognitivo: para a maioria da classe política, o tema ambiental é assunto leve e telúrico e deve deixar espaço para que se considerem coisas ‘mais sérias’. ■

RENATO LESSA

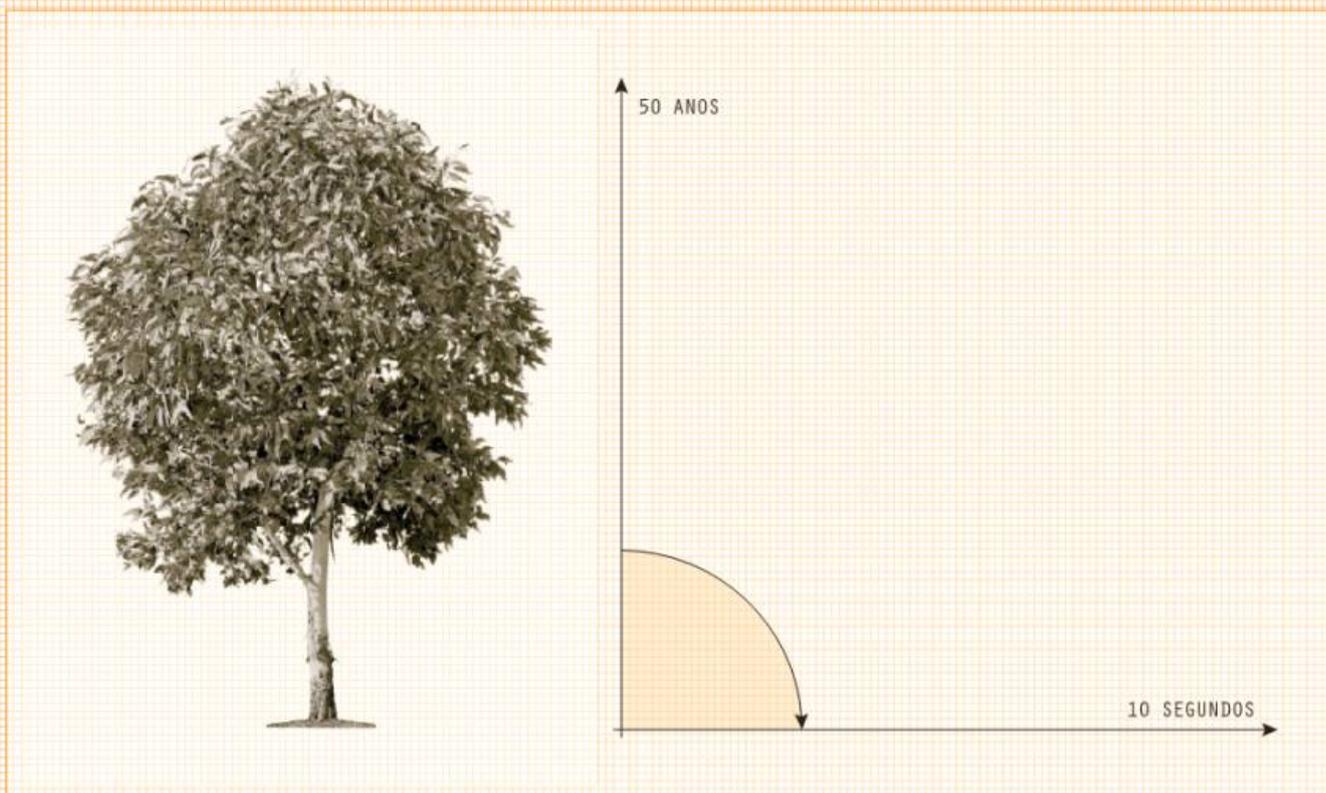
Fundação Biblioteca Nacional e Instituto de Ciências Sociais, Universidade de Lisboa
renato.lessa@bn.br

USE EM CASO DE EMERGÊNCIA.



APENAS 0,007% DÁ ÁGUA DO PLANETA É POTÁVEL.
EVITE O DESPÉRCIO.





A ÁRVORE LEVOU
50 ANOS PARA CRESCER.
O HOMEM SÓ PRECISA DE
10 SEGUNDOS PARA DERRUBAR.

A NATUREZA JÁ COMEÇOU EM DESVANTAGEM.
PRESERVE E AJUDE A EQUILIBRAR ESSE CENÁRIO.

Associação Alternativa
Terrazul
www.alternativaterrazul.org.br