

CIÊNCIA HOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO CIÊNCIA HOJE

NÚMERO 342 | VOLUME 57 | NOVEMBRO 2016 | R\$ 10,95



PAIS ZELOSOS
Como alguns insetos
cuidam de seus filhotes

SOCIOFÍSICA
Área da física usa abordagem
quantitativa para estudar
fenômenos coletivos humanos

Suicídio

É possível prevenir?

Ciência combina com educação!

Doe uma assinatura
para uma escola ou projeto apoiado
pelo **Instituto Ciência Hoje**

e ganhe uma
assinatura
digital.



Ligue: **0800 727 8999**

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

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

ISSN: 0101-8515

DIRETORIA

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

CIÊNCIA HOJE

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

REDAÇÃO

Editora Executiva | Alicia Ivanissevich
Editor de Forma e Linguagem | Cássio Leite Vieira
Edição de Texto | Alicia Ivanissevich, Cássio Leite Vieira, Catarina Chagas e Thais Fernandes
Setor Internacional | Cássio Leite Vieira

ARTE | Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.

(ampersand@ampersanddesign.com.br)
Diretora de Arte | Claudia Fleury
Programação Visual | Henrique Viviani e Raquel P. Teixeira
Computação Gráfica | Luiz Baltar

SUCURSAIS

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

PUBLICIDADE | Sandra Soares (gerente) | Rua Dr. Fabrício Vampré, 59, Vila Mariana, CEP 04014-020, São Paulo, SP. Telefax: (11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br).

Circulação e assinatura | Gerente | Fernanda L. Fabres. Telefax: (21) 2109-8960 (fernanda@cienciahoje.org.br)

REPRESENTANTES COMERCIAIS

BRASÍLIA | Joaquim Barroncas – Tels.: (61) 3328-8046/99972-0741.

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

APOIO:



Base Nacional Comum Curricular: avanços, questões e impasses

É um desafio construir uma base curricular comum para sistemas escolares em diferentes contextos culturais, envolvendo milhões de professores e dezenas de milhões de alunos. A primeira versão da Base Nacional recebeu inúmeras sugestões, e a segunda, já discutida nos estados, daria lugar a uma terceira a ser submetida ao Conselho Nacional de Educação.

Faltava à primeira versão, centrada nas áreas de conhecimento, mais atenção às etapas escolares. A segunda, sem desguarnecer as áreas, já privilegiou as etapas, mas ainda demanda articular melhor seus componentes e retomar temas entre etapas, para garantir progressão na aprendizagem.

É mérito da Base afirmar como direito uma formação cultural solidária, crítica, propositiva e convergir para objetivos que, cumprindo os direitos, se expressam em ações de quem aprende. No geral, isso se verifica, mas faltam objetivos indicando ações coletivas e propositivas, não só demonstração individual de saberes e atitudes. Uma terceira versão incorporaria ajustes, envolvendo essas questões, e tornaria os textos mais sintéticos e claros.

No entanto, são outras as perspectivas a partir de uma Medida Provisória (MP) que altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional para flexibilizar a oferta do ensino médio. Essa MP, reiteradamente, se refere à Base cuja versão definitiva se ignora, a confina a 50% do currículo no ensino médio regular e a

muito menos no integral. E, como será submetida ao Congresso Nacional, eclipsa-se o papel do Conselho Nacional de Educação?

Há, portanto, impasses a serem resolvidos antes que possamos contar com uma Base Nacional Comum Curricular.



CAPA: FOTO PIXABAY / DOMÍNIO PÚBLICO

Luis Carlos de Menezes

Instituto de Física, Universidade de São Paulo
 e Faculdade SESI-SP de Educação
 Editor convidado

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

INVESTIR EM NOVAS TECNOLOGIAS É INVESTIR NA MELHORIA DA VIDA DOS BRASILEIROS

O que seria da nossa vida sem tecnologia? E o que seria do nosso país sem inovações? A Torre Atto na Amazônia, por exemplo, permite aos pesquisadores compreender as mudanças climáticas globais. O Supercomputador Santos Dumont é um grande aliado nas pesquisas sobre a interação do vírus Zika com células

humanas. É por isso que o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) investe em novas tecnologias para incrementar estudos e pesquisas brasileiras. Para desenvolver a saúde, educação, indústria, agronegócio, comunicações, segurança e a conservação do meio ambiente. Para melhorar a nossa vida.

▶ CONHEÇA NOSSAS REDES



mctic



@mctic

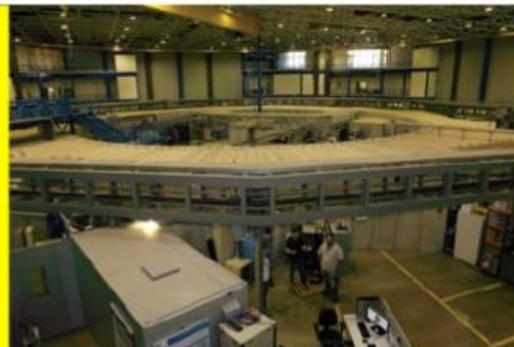


@mctic.gov.br

CONHEÇA AQUI OS PRINCIPAIS INVESTIMENTOS EM TECNOLOGIA DO MCTIC

LNLS – LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON

Acelerador de partículas, funciona como um grande microscópio que permite a análise de diferentes materiais, como metais e células humanas. É considerado o maior projeto científico brasileiro de todos os tempos.



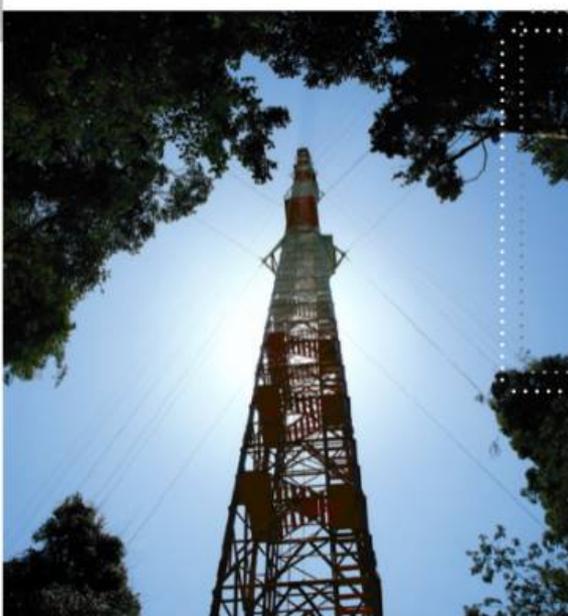
NAVIO DE PESQUISA OCEANOGRÁFICA VITAL DE OLIVEIRA

Entre as cinco melhores plataformas de pesquisa hidroceanográfica do mundo, com equipamentos de alta precisão, incluindo um robô submarino que vai até 4 mil metros de profundidade.



TORRE ATTO

Torre com 325m de altura em plena Floresta Amazônica para monitorar as mudanças climáticas.



SUPERCOMPUTADOR SANTOS DUMONT

Mais potente da América Latina, o supercomputador é capaz de fazer um quatrilhão de operações matemáticas por segundo e acelerar os resultados de pesquisas brasileiras.

CH ON-LINE	5	
O LEITOR PERGUNTA	6	Os alimentos irradiados já podem ser consumidos após a irradiação ou têm que esperar mais algum tempo ou passar por outro procedimento? Os detergentes, produtos alvejantes e desengordurantes largamente comercializados no país são mesmo biodegradáveis?
ENTREVISTA	8	JEAN PIERRE PERON UM DRIBLE NA ZIKA Imunologista fala dos estudos atuais para combater a epidemia que assola o país
A PROPÓSITO	11	GÊNESIS O último ancestral comum universal
MUNDO DE CIÊNCIA	12	

PAIS ZELOSOS – COMO MUITOS INSETOS PROTEGEM SUA PROLE **18** Não apenas vertebrados cuidam da sua prole. Também vários grupos de invertebrados ensinam seus filhotes a sobreviver de forma independente dos pais, inclusive os insetos! Esse 'cuidado parental' pode ser feito pela mãe, pelo pai ou por ambos.
 Por **Margarete Valverde de Macedo, Vivian Fiinte e Ricardo Ferreira Monteiro**

EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO NO BRASIL: DO MONOPÓLIO À ABERTURA **24** Diante da dependência energética do país em relação ao petróleo, é preciso equilibrar a participação do Estado e da iniciativa privada no setor, para acelerar o necessário desenvolvimento da indústria petrolífera no país.
 Por **Evandro La Macchia, Jacob Binszok e Julio Cesar Wasserman**

SAMBAQUIS: MOSTRA DA BIODIVERSIDADE PRÉ-HISTÓRICA **30** A análise por pesquisadores desses sítios arqueológicos pode ser útil nos esforços de conservação e manejo da biodiversidade marinha atual.
 Por **Edson Pereira da Silva, Tate Aquino de Arruda, Rosa Cristina Corrêa Luz de Souza e Michelle Rezende Duarte**

A FÍSICA DAS PARTÍCULAS HUMANAS **34** A área da física que aborda fenômenos coletivos humanos, como a formação de engarrafamentos no trânsito, é conhecida como física da dinâmica social ou sociofísica e, para esse tipo de estudo, ela usa ferramentas matemáticas e computacionais da física tradicional.
 Por **Celia Anteneodo**

COMPORTAMENTO SUICIDA: VAMOS FALAR SOBRE ISSO? **40** A dor causada por um suicídio é silenciada na vida das pessoas e ocultada na história das famílias, fazendo de conta que não aconteceu. Embora um tabu social tenda a ocultar a realidade dos suicídios, é preciso falar sobre isso.
 Por **Neury José Botega**



EXATAMENTE	45	SIRIUS: LUZ DE QUARTA GERAÇÃO PARA O BRASIL País estará entre os líderes mundiais da pesquisa com luz síncrotron
PELO BRASIL	46	
FORA DO QUADRO	48	AMIGO IMAGINÁRIO A raiz quadrada de -1 tem uma história que pode ser dita complexa
OPINIÃO	50	CRISES E RETROCESSOS NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL Políticas equivocadas vêm sendo aceleradas para aprovação no Congresso
CRÍTICA	52	UM MATEMÁTICO INTUITIVO Sobriedade faz de <i>O homem que viu o infinito</i> um filme instrutivo e realista
ENSAIO	54	O PROGRAMA DE RIEMANN Morto há 150 anos, matemático alemão lançou as bases de uma nova geometria
RESENHA	58	UMA ANTROPOLOGIA DA 'DÍVIDA' Resenha do livro <i>Divida – Os primeiros 5.000 anos</i> , de David Graeber
MEMÓRIA	60	O TEÓRICO DAS ELITES Há 100 anos, era publicado o <i>Tratado de Sociologia Geral</i>
CARTAS	63	
QUAL O PROBLEMA?	64	DADOS INTERESSANTES O que jogos com dados pode nos ensinar?

NOTÍCIAS

GALERIA

ENTREVISTA

VÍDEO



FOTO ALINE MASSUCA

CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS >**É reconhecimento. É para mulheres.****E não tem nada a ver com cabelos >**

Sete pesquisadoras são laureadas na versão brasileira do prêmio L'Oréal Para Mulheres na Ciência 2016

> http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4890/n/e_reconhecimento_e_para_mulheres_e_nao_tem_nada_a_ver_com_cabelos...



FOTO PIMBAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO

COLUNAS > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4885/n/investigacao_na_madrugada

TOXICOLOGIA > Investigação na madrugada > Como não encontrava dados sobre a contaminação das águas e do solo brasileiros por pesticidas, Jean Remy Guimarães decidiu, em uma noite insone, investigar relatórios franceses sobre o tema. Veja o que ele descobriu

NOTÍCIAS > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4883/n/solucao_lactea

VIROLOGIA > Solução láctea > Estudo brasileiro indica que as infecções dos vírus zika e chikungunya podem ser inibidas por proteína do leite de vaca



FOTO PIMBAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO



FOTO PIMBAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO

NOTÍCIAS > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4881/n/nem_tudo_que_reluz...

BIOLOGIA > Nem tudo que reluz... > A canela é conhecida por trazer benefícios à saúde. Porém, em ensaios com animais, a especiaria agravou hipotireoidismo e provocou disfunções endócrinas

COLUNAS > <http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4889/n/energeia>

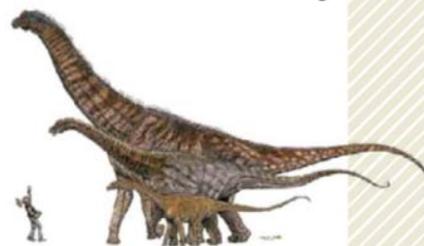
LINGÜÍSTICA > Energeia > A língua deve ser considerada fraca ou poderosa quando uma palavra estrangeira começa a ser empregada?



FOTO PIMBAY.COM / DOMÍNIO PÚBLICO

COLUNAS > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4887/n/gigante_brasileiro

PALEONTOLOGIA > Gigante brasileiro > Pesquisadores anunciam a descoberta do maior dinossauro brasileiro, com 25 metros de comprimento. Em sua coluna, Alexander Kellner relata detalhes do estudo, do qual participou



e muito mais >>>

Acompanhe a CH On-line também no



ROSANA VIEIRA, POR CORREIO ELETRÔNICO

Os alimentos irradiados já podem ser consumidos após a irradiação ou têm que esperar mais algum tempo ou passar por outro procedimento?

SIM, OS ALIMENTOS PODEM SER CONSUMIDOS imediatamente após a irradiação, não importando se ela foi feita com radiação gama ou com feixe de elétrons.

Há uma grande confusão entre irradiação e contaminação radioativa. Quando há contaminação, um objeto ou um ser vivo se impregna com material radioativo – desse modo, ele contém material radioativo em sua estrutura e o carregará para onde quer que vá. Já a irradiação ocorre quando uma fonte emite energia. O objeto ou ser vivo que recebe essa energia está sendo irradiado.

A radiação gama tem origem em materiais radioativos. É uma onda eletromagnética, como as ondas de rádio, TV, micro-ondas e a luz visível, só que a sua energia é muito maior, o que permite que ela mate fungos e bactérias presentes nos alimentos.

Mas será que um objeto ou um ser vivo, que esteve próximo ao material radioativo e foi irradiado, não fica com um pouco de radiação dentro dele e a vai liberando? A resposta é não. Pois não há como estocar qualquer tipo de onda eletromagnética, seja ela proveniente de materiais radioativos ou de outras fontes.

Por exemplo, quando você desliga a luz da sala, quanto tempo ela leva para ficar escura? Ela vai ficando escura aos poucos ou imediatamente? A resposta é imediatamente. Você consegue guardar luz dentro de um saco de papel? Ou ondas de rádio e TV (para ouvir ou ver um programa mais tarde)? Não. Analogamente, ao se afastar da luz emitida por um poste, você estará sendo cada vez menos iluminado, e o fato de ter

sido iluminado não fará você emitir luz. Esse mesmo raciocínio vale para alimentos levados ao forno de micro-ondas.

O feixe de elétrons de alta energia apresenta o mesmo potencial de matar fungos e bactérias. Ele é produzido por meio de grandes aceleradores. Os elétrons perdem energia ao interagir com o alimento e com o ar; quando quase toda a energia for perdida, os elétrons serão naturalmente capturados pelos átomos presentes no ambiente, nas esteiras metálicas que transportam os alimentos para a irradiação e no próprio alimento. Não há perigo de levar choque ao consumir um alimento irradiado com elétrons; a quantidade de elétrons incorporados é uma mísera fração dos que já existem no alimento.

Alimentos ricos em água, se receberem grandes quantidades de radiação, mudarão seu sabor original para pior e se tornarão não atrativos ao consumo, porque as moléculas de água serão quebradas pela radiação e será formada água oxigenada e radicais de OH (oxigênio-hidrogênio). Nesse caso, eles serão rejeitados pelo consumidor.

Se quiser saber mais sobre o tema, sugerimos o ensaio 'Irradiação e contaminação radioativa. Qual a diferença?', publicado na *Ciência Hoje*, n. 228, e o artigo 'O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer?', disponível em pdf na revista *A física na escola* em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a11.pdf>.

Ary de Araújo Rodrigues Júnior

DEPARTAMENTO DE FÍSICA,
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

EMERSON DOS SANTOS MARTINS, BELFORD ROXO/RJ

Os detergentes, produtos alvejantes e desengordurantes largamente comercializados no país são mesmo biodegradáveis?

PARA RESPONDER A PERGUNTA, primeiramente, precisamos entender o que é biodegradação. A biodegradação pode ser definida como o processo de destruição ou transformação (também conhecido por biotransformação) de um produto por qualquer organismo vivo.

Apesar de ser um termo particularmente técnico encontrado rotineiramente nas áreas de engenharia ambiental e biologia, é crescente o número de produtos ditos 'biodegradáveis', disponíveis em inúmeros estabelecimentos comerciais. Se atribuirmos essa definição, todo e qualquer material é 'biodegradável', certo? A pergunta capciosa é como ocorre e quanto tempo (dias, anos ou séculos) esse processo leva.

Produtos alvejantes, detergentes, e desengordurantes facilitam nosso dia a dia com a limpeza quase sempre eficiente. Em geral, sua ação se dá pela redução da tensão superficial de um líquido (quando a camada superficial se comporta como uma membrana elástica), permitindo a mistura de substâncias de polaridades (ligações elétricas de moléculas) diferentes, facilitando assim a remoção da 'sujeira'.

Mesmo vendidos como matérias biodegradáveis, alguns estudos demonstram que certos produtos não podem ser considerados assim. Um exemplo são os produtos contendo compostos orgânicos chamados nonilfenóis etoxilados. Usados amplamente tanto na indústria (em emulsificantes, surfactantes ou dispersantes) quanto em aplicações domésticas (em produtos de limpeza, medicamentos e até em cosméticos), os nonilfenóis etoxilados foram proibidos ou tiveram seu uso restrito em vários países. Isso porque, uma vez no ambiente, essas moléculas sofrem ação microbiológica,

transformando seus compostos em produtos ainda mais tóxicos, com um toque a mais de perversidade, uma vez que parte desses produtos de degradação se acumula em plantas e animais (são bioacumulativos).

Outros estudos observaram a presença de tais produtos, como o 4-nonilfenol, até no leite materno de europeias. Vale lembrar que, no Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, o uso dos nonilfenóis etoxilados ainda é liberado.

Outros produtos emulsificantes vão, literalmente, ainda mais longe. Recentemente, pesquisadores norte-americanos a bordo de um 'cruzeiro' científico identificaram a presença de alguns desses produtos em águas oceânicas em quase todos os cantos do globo. Destaque para compostos como o ácido perfluoro-octanossulfônico (PFOS) e derivados que ainda são muito utilizados em produtos antiaderentes, cosméticos e tintas comerciais.

Mas não devemos desanimar. A indústria 'verde' continuará em expansão. A escolha de materiais ou produtos biodegradáveis pode, sim, mudar positivamente a nossa relação com o meio ambiente. Entretanto, não podemos nos enganar. Alguns produtos, atualmente, não atendem essa finalidade e seus fabricantes estão bem mais preocupados em ocupar nichos comerciais pouco explorados do que com o ciclo natural da matéria. Nesse cenário, o uso racional desses artigos de higiene é o caminho do meio.

Rodrigo Ornellas Meire
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
(CAMPUS XERÉM) DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

FOTO: PIRACIK.COM / DOMINIO PÚBLICO

CARTAS PARA A REDAÇÃO

Av. Venceslau Brás,
71 fundos | casa 27
CEP 22290-140
Rio de Janeiro | RJ

CORREIO ELETRÔNICO

cienciahoje@cienciahoje.org.br

JEAN PIERRE PERON

UM DRIBLE NA ZIKA

Em pouco mais de um ano – o primeiro caso foi anunciado em maio de 2015 –, a zika atingiu em torno de 200 mil pessoas no país. O vírus foi responsável pelo desenvolvimento anormal do cérebro (microcefalia) em mais de 2 mil bebês. Desde que a infecção foi associada à má-formação de fetos, pesquisadores de diferentes áreas se lançaram em uma corrida feroz para tentar frear o avanço dessa terrível epidemia. O próprio Ministério da Saúde criou, em maio deste ano, a Rede Nacional de Especialistas em Zika e Doenças Correlatas (Renezika), que fez sua primeira reunião em 25 de outubro último. Vários trabalhos – para diagnóstico, prevenção e tratamento da doença – já têm apresentado resultados promissores.

“Iniciativas como a Renezika têm muito a contribuir no sentido de elaborar propostas factíveis e úteis à sociedade”, afirma o imunologista Jean Pierre Peron, do Instituto de Ciências Biomédicas da

Universidade de São Paulo, que vem se dedicando a entender os mecanismos que o vírus da zika utiliza para deixar as células do sistema imune suscetíveis à infecção. “Queremos saber quanto dos danos causados pelo vírus da zika no cérebro com microcefalia é resultado de seu efeito direto, e quanto é da ação destrutiva do próprio sistema imune, ao tentar combatê-lo. São perguntas importantes, pois poderão determinar intervenções terapêuticas diferentes”, esclarece o pesquisador.

Nesta entrevista, Peron relata os avanços a que seu grupo de pesquisa chegou e fala sobre a quantas andam os testes para uma possível vacina para a zika.

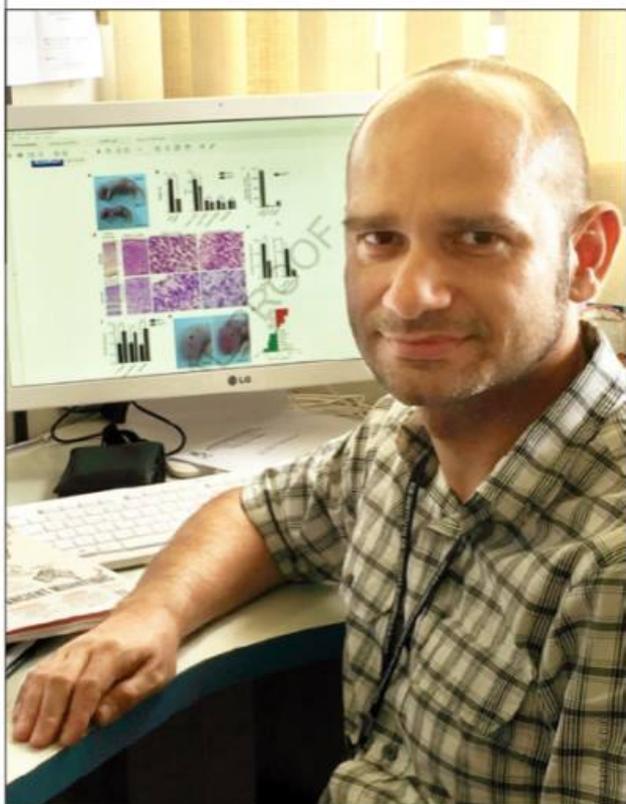


FOTO: AGENCIA PESSOA

ALICIA IVANISSEVICH | CIÊNCIA HOJE | RJ

POR QUE A DENGUE NÃO CAUSA MICROCEFALIA? NEM O CHIKUNGUNYA? POR QUE NÃO
TRATAMOS A ZIKA COM O MESMO 'REMÉDIO' DA HEPATITE C? SÃO PERGUNTAS
QUE SERÃO RESPONDIDAS COM O ESTUDO DA BIOLOGIA VIRAL
E DA IMUNOPATOGENIA DA MICROCEFALIA CAUSADA PELO VÍRUS DA ZIKA

Recentemente, seu grupo publicou um artigo na revista britânica *Nature* sobre a infecção pelo vírus da zika, mostrando, em modelos animais e em organoides (agregados de células humanas usados como modelos de pesquisa), que ele atravessa a placenta causando microcefalia nos fetos. Poderia explicar como ocorre esse processo e de que forma o organismo reage à infecção? O vírus da zika tem tropismo, ou seja, gosta de viver, permanecer, no sistema nervoso em desenvolvimento ou fetal. O vírus gosta dessas células por utilizar uma família de receptores (moléculas na membrana das células), chamados TAM, que estão presentes nelas em grande quantidade. Uma vez que o vírus invade essas células, elas são levadas à morte num processo chamado apoptose. A morte dessa população de células culmina nas más-formações observadas no cérebro dos bebês com microcefalia. Por isso, a infecção com o zika no primeiro trimestre de gestação é de maior risco.

Mas, ao provocar a morte das células que infecta, o vírus não estaria agindo contra sua própria sobrevivência? O que ocorre após a infecção? É que o vírus precisa passar por alguns ciclos de replicação e morte, até atingir um certo equilíbrio; principalmente, se pensarmos no papel do sistema imunológico. A partir de então, o dano pode ser menos intenso, mas, no caso do sistema nervoso, já é tarde demais.

Os modelos usados na pesquisa refletem a realidade? É possível extrapolar os resultados observados em animais e organoides para seres humanos? Sim. Afora algumas peculiaridades, a formação do cérebro de camundongos obedece alguns padrões também observados em humanos, como a fase de migração de neurônios, por exemplo. Esta fase é crítica para um bom desenvolvimento cerebral. Quanto aos organoides, os mesmos são, de fato, derivados de células-

-tronco humanas – aquelas que darão origem a todas as outras células do organismo.

O uso de organoides tem permitido testar algumas abordagens terapêuticas. Seu grupo de pesquisa conseguiu chegar a alguma substância eficaz contra o vírus da zika que possa ser selecionada para testes em humanos? Ela poderia ser usada preventivamente em mulheres grávidas? Não. No momento, nosso laboratório está mais voltado para estudos de imunopatologia e neuroinflamação, ou seja, queremos saber quanto dos danos causados pelo zika no cérebro com microcefalia é resultado de seu efeito direto, e quanto é da ação destrutiva do próprio sistema imune, ao tentar combatê-lo. São perguntas importantes, pois poderão determinar intervenções terapêuticas diferentes. De fato, esse é um dos principais focos de estudo em nosso laboratório, assim como ensaios com vacinas.

Como se comporta o sistema imunológico humano – e especialmente em gestantes – quando infectado pelo vírus da zika? O vírus da zika é alvo, sobretudo, das células do sistema imune – o que chamamos de imunidade inata – e de moléculas chamadas citocinas, principalmente, aquelas conhecidas como interferons. Entre os interferons, o IFN- α e o IFN- β são os mais relevantes. Tais citocinas são imprescindíveis na resposta imune contra as infecções por vírus, e não é diferente na resposta contra o vírus da zika. Todavia, o vírus da zika possui mecanismos de escape, por meio dos quais ele impede que essas moléculas funcionem dentro da célula, permitindo, assim, que ela se torne susceptível à invasão viral. Curiosamente, tal mecanismo também é observado na infecção pelo vírus da dengue. O vírus da dengue utiliza para entrar nas células as mesmas moléculas TAM usadas pelo vírus da zika. E, assim como para o vírus chikungunya e outros vírus, a resposta de

>>>

EM BREVE, INICIAREMOS TESTES PARA AVALIAR SE A VACINAÇÃO DE CAMUNDONGOS DE LABORATÓRIO IMPEDIRÁ O ESTABELECIMENTO DA MICROCEFALIA. ESTAMOS MUITO CONFIANTES COM OS RESULTADOS OBTIDOS ATÉ AGORA.

interferon é muito importante na eliminação deles. Para citar um exemplo, um dos tratamentos para a hepatite C (causada pelo HCV) é feito com o interferon sintetizado em laboratório.

Mas, então, por que a dengue não causa microcefalia? Nem o chikungunya? Por que não tratamos a zika com o mesmo ‘remédio’ da hepatite C? São perguntas que serão respondidas com o estudo da biologia viral e da imunopatogenia da microcefalia causada pelo vírus da zika.

Quais são as estratégias que o vírus da zika adota para poder se replicar no hospedeiro? O vírus da zika tem como material genético o RNA (ácido ribonucleico), e utiliza, assim como todos os vírus, a maquinaria celular para a síntese de suas proteínas para, em seguida, montar as partículas virais. Ao ser inserido no citoplasma da célula, o RNA se transforma em proteínas pela ação dos ribossomos (organelas celulares), que sintetizam uma grande proteína viral, que depois de processada dá origem a três proteínas estruturais (capsídeo, pre-M e envelope) e sete proteínas não estruturais (NS1-NS5). As proteínas estruturais se associam e formam a partícula viral, que é posteriormente liberada no meio extracelular. Esse processo é comum a vários vírus, com o da dengue e o da chikungunya.

A criação da Rede Nacional de Especialistas em Zika e Doenças Correlatas (Renezika) – criada em maio deste ano e à qual seu grupo de pesquisa pertence – tem permitido obter avanços significativos no estudo da doença? Como avalia o desempenho da rede até agora? A Renezika realizou sua primeira reunião em 25 de outubro último, em Brasília. O encontro contou com especialistas de todo o país e de diversas áreas do conhecimento – é uma rede multidisciplinar, portanto. Me pareceu uma boa iniciativa, que reúne pessoas engajadas e interessadas em contribuir para resolver esse problema tão grave em nosso país. Os grupos de traba-

lho, que vão de pesquisa epidemiológica a assistência à mulher, foram sugeridos nesse dia. Estou confiante.

Em sua opinião, ações desse tipo [criação da Renezika] são importantes para o avanço da pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia no país? Sem dúvida. Tais grupos, compostos de especialistas nas mais variadas áreas, desde as clínicas até as mais básicas, têm muito a contribuir no sentido de elaborar propostas factíveis e úteis à sociedade. Tenho certeza de que, se o investimento for diretamente proporcional ao entusiasmo do grupo presente na primeira reunião, teremos bons resultados.

Estamos perto de ter uma vacina contra a zika? No presente momento há vários grupos focados no desenvolvimento de vacinas, tanto no Brasil como no exterior. Nosso grupo vem colaborando com Dan Barouch, da Escola Médica Harvard (EUA), tendo chegado a três vacinas que se mostraram promissoras contra o vírus da zika. Em artigos publicados recentemente, demonstramos que tanto camundongos quanto macacos *Rhesus* foram 100% protegidos pela vacina, não apresentando vírus no sangue, tampouco em outros fluidos corporais, como urina, líquido ou secreção vaginal. Os resultados foram muito promissores e, no momento, indivíduos saudáveis já estão sendo recrutados nos Estados Unidos para a primeira fase de testes, chamada Fase I. Em breve, iniciaremos testes para avaliar se a vacinação de camundongos de laboratório impedirá o estabelecimento da microcefalia. Estamos muito confiantes com os resultados obtidos até agora.

Se tudo correr como se espera, em quanto tempo teremos uma vacina? É muito difícil dar prazos, principalmente, pela expectativa que isso causa, tanto nos cientistas quanto na sociedade. Os ensaios estão se iniciando agora. Esperamos por bons resultados. 

GÊNESIS

O SUCESSO DOS ROMANCES ou filmes envolvendo assassinos em série deriva, em parte, do fascínio provocado pelos criminosos. Estes são, em geral, pessoas com personalidades marcantes, que desafiam as autoridades policiais a descobrirem suas identidades e os motivos de seus delitos. A outra parte do sucesso deve-se aos detetives, igualmente geniais e que, aos poucos, vão montando esse quebra-cabeças a partir de escassas pistas, que, à primeira vista, não têm conexões lógicas.

Deslumbramento do mesmo quilate tem sido estimulado por pesquisadores que buscam reconstruir a 'personalidade' de seus opostos, os geradores da vida. Em artigo publicado em julho na revista *Nature microbiology*, Madeline Weiss e colaboradores descrevem a estratégia e os resultados que começam a revelar as características do último ancestral comum universal, também conhecido como LUCA, que deu origem a todas as formas de vida que já existiram e ainda existem no planeta.

Os pesquisadores realizaram essa façanha partindo de certas premissas. A primeira é aquela mais consensual, que situa a origem da vida entre cerca de 3,5 e 3,8 bilhões de anos atrás e afirma que nosso ancestral comum era um micro-organismo.

A segunda considerou que LUCA deveria ser o ancestral comum de bactérias e arqueobactérias. As arqueobactérias são procariotos (células que não têm núcleos) que exibem características tão diferentes das bactérias que mereceram ser agrupadas em um domínio próprio. Elas preferem viver em ambientes extremos, como altas temperaturas, altas concentrações de sal, locais muito ácidos etc.

Em outras palavras, pensa-se hoje que a árvore da vida tem dois ramos principais (os domínios): o das bactérias e o das arqueobactérias. Também se aceita que os eucariotos (células que contêm núcleos) surgiram mais tarde, a partir dos procariotos.

Para os autores, LUCA não estava nem muito vivo. Eles supõem que LUCA seria uma forma de transição entre estruturas não vivas (abióticas) e vivas. Em que pese a veracidade dessa suposição, o fato é que Weiss e colaboradores pro-

puseram uma espécie de retrato falado de LUCA, com base em bancos de dados públicos que contêm sequências de genomas de bactérias. A análise taxonômica (que classifica os organismos de acordo com características comuns) feita pelos pesquisadores levou em conta somente as proteínas – cujas sequências foram deduzidas a partir do DNA – que estivessem presentes nos dois domínios, o que evidencia uma origem comum.

Com esses critérios, os autores chegaram a apenas 355 proteínas. Estas foram então usadas para construir a folha corrida de LUCA. As conclusões principais foram as seguintes: LUCA era autotrófico, isto é, fabricava seu próprio alimento (os heterotróficos se alimentam de outros organismos); e lançava mão de um tipo de metabolismo compatível com uma atmosfera composta de hidrogênio, CO₂ e nitrogênio. Não havia oxigênio na época em que LUCA existiu. LUCA vivia à alta temperatura e já conseguia usar a maquinaria que extrai informação das sequências contidas no DNA e as transforma em sequências de proteínas (o código genético). Assim, os autores concluíram que LUCA já continha ribossomos (organelas celulares nas quais ocorre a síntese de proteínas) e RNA mensageiro (que transfere a informação do DNA para o ribossomo). Na verdade, Weiss e colaboradores especulam que, com LUCA, nasceu o código genético.

Outras conclusões foram possíveis. Como, na época de LUCA, o hidrogênio que compunha a atmosfera original da Terra já havia desaparecido, a origem deste elemento era essencialmente geológica. Nesse cenário, os cientistas propõem que o hidrogênio geológico era produzido a partir de um processo no qual o ferro da crosta terrestre reagia com a água nos sistemas hidrotermais (presentes nas fendas submarinas), resultando, assim, em uma quantidade de hidrogênio suficiente para sustentar o metabolismo de LUCA e também na síntese de metano.

Instigante, não? O DNA de fato é uma máquina do tempo, que nos leva aos primórdios da vida. Pena que ainda não sabemos se houve vida antes do DNA. **EB**



FOTO: GREGORIO GONCALVES

Resultados começam a revelar as características do último ancestral comum universal, também conhecido como LUCA, que deu origem a todas as formas de vida que já existiram e ainda existem no planeta

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

DESTAQUE > NEUROCIÊNCIAS > ESTUDO MOSTRA COMO CÉREBRO FICA 'DESSENSIBILIZADO' COM A REPETIÇÃO DE MENTIRAS

De Pinóquio a grande corrupto

Este resultado, talvez, seja muitíssimo oportuno por conta do cenário brasileiro atual, no qual a Justiça está processando ou levando para a cadeia mentirosos contumazes, acusados de ou condenados por corrupção. Experimento mostrou como o cérebro vai ficando 'dessensibilizado' à medida que mentiras vão sendo repetidamente contadas.

Os resultados da equipe de Neil Garrett, da University College London (Reino Unido), mostram como a repetição de pequenas mentiras em proveito próprio pode gerar um grande e insensível mentiroso. O estudo revela o mecanismo cerebral por trás dessa escalada 'pinoquiana'.

A conclusão mais geral do artigo publicado em *Nature Neuroscience* (24/10/16 on-line) — cujo título conciso, mas esclarecedor, é 'O cérebro adapta-se à desonestidade' — é que, com a repetição de mentiras, uma região do cérebro conhecida como amígdala — associada com as emoções — acaba esmaecendo em sua atividade de gerar emoções negativas associadas a esses atos. É mais ou menos como um veículo que vai perdendo o freio e, de uma hora para outra, encontra-se desembestado.

Os autores dizem que isso pode levar ao que classificam como 'declive escorregadio', ou seja, pequenos atos de desonestidade podem gerar mentiras cada vez maiores. Com isso, o ingênuo Pinóquio se torna o desonesto contumaz. É o caso do veículo desenfreadamente 'ladeira abaixo'.

QUANTAS MOEDINHAS? Para chegar a tais conclusões, Garrett e colegas reuniram 80 voluntários, cuja resposta cerebral a um jogo simples era examinada por imagens geradas por ressonância magnética (semelhantes às dos exames médicos).

O jogo era o seguinte: adivinhar quantas moedinhas havia em uma jarra e enviar por computador essa estimativa a um parceiro desconhe-

cido. Os cenários do jogo podem ser divididos em duas classes: i) o voluntário tenta fazer a estimativa mais precisa possível do número de moedinhas para beneficiar a si mesmo e ao parceiro; ii) subestima ou superestima aquela quantidade, podendo, assim, a) beneficiar a si próprio e prejudicar o parceiro; b) prejudicar a si mesmo e beneficiar o parceiro; c) beneficiar a si mesmo ou ao parceiro, sem prejuízo ao outro.

O declínio da atividade da amígdala mostrou-se ligada a cenários em que os voluntários superestimavam o número de moedinhas para beneficiar a si mesmos e prejudicar os parceiros. E isso, em geral, começava com 'pequenas' superestimativas, para as quais a amígdala reagia inicialmente com intensidade.

No entanto, à medida que as pequenas desonestidades se repetiam, a amígdala diminuía sua atividade, mostrando-se dessensibilizada. Com isso, a tendência dos voluntários era aumentar a gravidade dessas mentiras.

CIÊNCIA ATRÁS DA ARTE "Provavelmente, a falta de vigor na reação cerebral, depois de repetidas desonestidades, reflete uma resposta emocional reduzida após esses atos", resumiu Garrett, para quem os resultados reforçam o papel da amígdala como fonte do sentimento de aversão àquilo que consideramos errado ou imoral.

Críticos elogiaram o desenho do experimento e as conclusões, mas enfatizaram o óbvio: os resultados têm que ser corroborados por outros experimentos, até pelo fato de o estudo ser o primeiro do gênero. Garrett sugere que teste semelhante seja feito para, por exemplo, comportamento violento ou de risco.

Interessante notar que um dos maiores escritores de todos os tempos, o britânico William Shakespeare (1564-1616) já havia, de certa forma, previsto o que a ciência de ponta

agora revela. Em frase atribuída a ele, está um excelente resumo dos resultados de Garrett e equipe: "As pequenas mentiras fazem o grande mentiroso". É a ciência imitando a arte.



FOTO: BORNHOLD LEEJUN / FREE IMAGE

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

IMPACTOS DA MAIS NOVA COLHEITA DOS EUA

Quem segue esta seção, já leu aqui nota sobre como os EUA poderiam ganhar dinheiro com um produto que é (era?) visto como um tipo de inimigo perigoso da sociedade: maconha. Naquele texto, publicado em *CH 317*, o título levava um ponto de interrogação ('Maconha: da recreação à grande indústria?'). Agora, artigo com uma análise dos impactos ambientais da 'nova colheita' norte-americana já dá a entender que aquele sinal gráfico pode sair dali.

Os resultados de Van Butsic, da Universidade da Califórnia, e Jacob Brenner, da Faculdade de Ithaca, também nos EUA, fogem do surrado (e cansativo) debate saúde pública *versus* droga. O foco é novo: já que a maconha é a colheita da moda nos EUA – ou seja, está, bem rapidamente, se tornando uma nova fronteira agrícola naquele país, ainda que, muitas vezes, de forma clandestina –, a dupla resolveu avaliar o impacto ambiental dessa atividade agrícola, nos mesmos moldes que a pesquisa tem feito com outras plantações.

Para isso, os dois pesquisadores centraram suas atenções no Condado de Humboldt, na Califórnia, tido como a região no mundo de maior produção da *Cannabis*. Com a ajuda de imagens de alta resolução de satélites, os pesquisadores estimaram, por exemplo, produção; uso de água; erosão, deslizamentos e sedimentação do solo; saúde das bacias hidrográficas; ameaça a peixes sensíveis a baixos níveis de poluição (salmão e trutas); fragmentação da terra etc.

Ao todo, foram detectadas cerca de 4,5 mil plantações, tanto ao ar livre quanto em estufas. Esse montante emprega quase 700 mil m³ de água por ano, o que, segundo os autores, pode pôr em risco as fontes desse líquido. Mais preocupante foi o fato de cerca de 80% dessas culturas estarem ocupando áreas em que há bacias hidrográficas.

Segundo a dupla, peixes parecem ser mais prejudicados não tanto pelo volume de água retirado dessas fontes, quanto pelo 'quando' e 'de onde' a água é extraída.

Mesmo Humboldt ostentando o título de maior região produtora mundial de maconha, as imagens de satélite mostraram que o total de área cultivada é de apenas 2 km² (aproximadamente de 300 campos de futebol). Segundo os autores, cerca de dois terços dessas plantações estão a mais de 500 m de uma estrada, o que causa significativa fragmentação da terra. Um quinto das culturas está em terras muito inclinadas, o que sugere erosão, e 5% delas, muito próximas aos habitats de peixes sensíveis à poluição e erosão.

Em resumo: longe das estradas, perto dos rios e em terrenos inclinados. Todos locais inadequados.

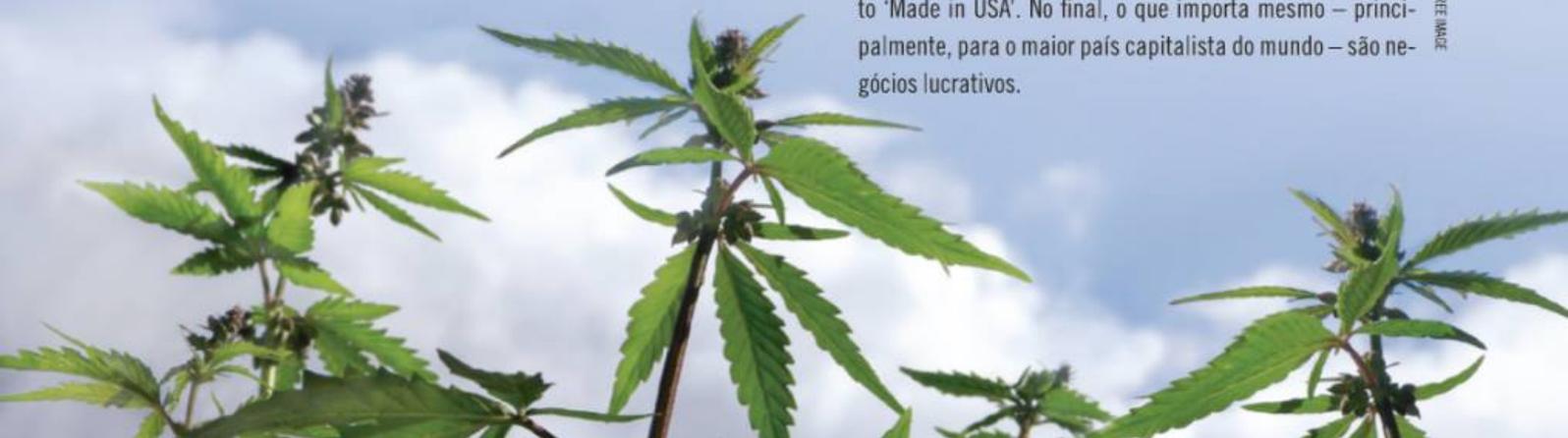
O diagnóstico geral sobre o impacto ambiental da maconha nos EUA aponta problemas, mas não é um cenário de devastação ambiental. O artigo está publicado em *Environmental Research Letters* (v. 11, n. 4, 2016) e está disponível (em inglês) aqui: <http://bit.ly/2fh0fEj>.

Butsic e Brenner dizem que os agricultores deveriam passar a adotar práticas mais amigáveis ao meio ambiente; as autoridades, se preocupar com a regulamentação desse plantio, e a academia, estender os estudos sobre impactos ambientais para essa atividade agrícola, como o tem feito para culturas.

Com esses ajustes, dizem os autores, a maconha poderia se tornar uma cultura altamente sustentável. Isso é o que ela poderia ser. O que ela já é: uma indústria que movimentava bilhões de dólares nos EUA, país em que, nos próximos dias, os eleitores de nove estados, durante as eleições presidenciais, terão a chance de decidir se legalizam (ou não) a maconha para fins recreativos. Em cerca de 25 deles, a planta já é usada legalmente para fins médicos.

E, como foi dito na nota publicada na *CH 317*, não seria grande surpresa se, daqui a alguns anos, os EUA passarem a pressionar outros países para que afrouxem suas legislações sobre drogas para facilitar o comércio de um produto 'Made in USA'. No final, o que importa mesmo – principalmente, para o maior país capitalista do mundo – são negócios lucrativos.

FOTO OSCAR DOLLAS / FREE IMAGE



SINTONIA FINA

60 anos de um fantasma (e uma entrevista histórica)

Há 60 anos, o naco mais ‘fantasmagórico’ de matéria era finalmente capturado pela engenhosidade humana. Passaram-se exatos 26 anos entre a proposição do neutrino e a detecção dessa partícula.

A ideia da existência do neutrino surgiu ao físico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958), que anunciou essa proposta ousada em uma carta informal para colegas. Naquela missiva, ele se desculpava por não ir a

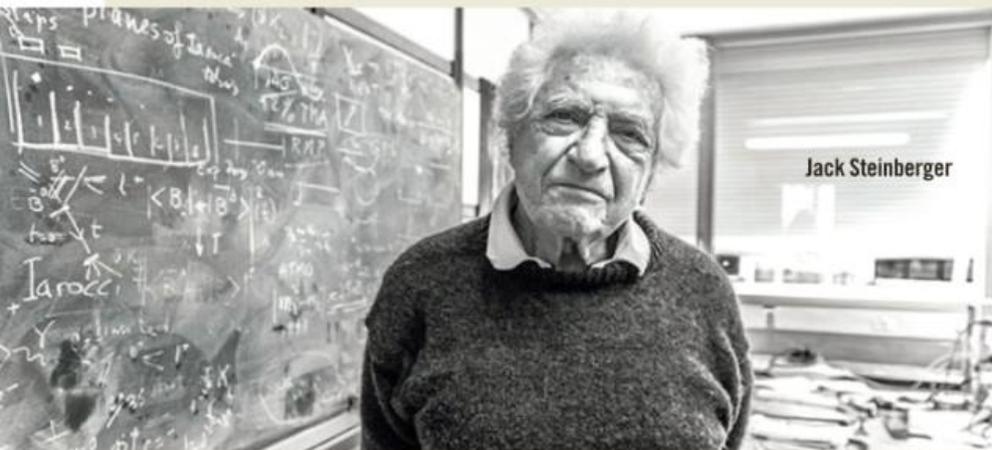
um encontro científico – por ter que ir a um baile em Zurique (Suíça) –, mas pedia que o texto fosse lido publicamente para os participantes do evento.

Pauli havia proposto o neutrino – sem carga e com massa provavelmente nula – para resolver um tipo de crise de energia que ocorria quando um nêutron se transformava (decaía) em outras partículas (prótons e elétrons). Nessa reação,

ficava sempre faltando uma ‘pitada’ de energia – ou seja, o balanço energético não fechava.

Em 1956, em experimento engenhoso (à base de um detector líquido), feito nas proximidades de um reator nuclear no estado da Carolina do Sul (EUA), cinco físicos – entre eles, os norte-americanos Clyde Cowan (1919-1974) e Fred Reines (1918-1998) – comprovaram “a hipótese sugerida por Pauli”, em um artigo publicado naquele ano em *Science* (v. 124, n. 3212, pp. 103-4).

Os resultados chamaram a atenção, pois se acreditava que, por ser extremamente fugidio, o neutrino nunca seria detectado. Para se ter uma ideia, ele pode atravessar incólume uma parede de chumbo com trilhões de km. A cada segundo, tri-



Jack Steinberger

o assinaram perderam seus empregos. Os problemas sociais ainda continuam; então, temos [sempre] que fazer uma escolha.

QUAIS SÃO AS MELHORES LEMBRANÇAS DE SUA INFÂNCIA NA ALEMANHA? COMO

A MUDANÇA PARA OS EUA IMPACTOU SUA VIDA? Somos formados quando ainda somos crianças. Quando eu tinha 12 anos, Hitler nos expulsou [da Alemanha]. Aquilo que aprendi como uma criança alemã ainda determina boa parte de meu modo de pensar.

QUAIS FORAM OS TRAÇOS MAIS MARCANTES DE SEUS DOIS ORIENTADORES, [O FÍSICO NORTE-AMERICANO] ROBERT OPPENHEIMER [1904-1967] E [O FÍSICO ITALIANO] ENRICO FERMI [1901-1954]? COMO ELES INFLUENCIARAM SEU MODO DE FAZER FÍSICA? Fui estudante de doutorado do Fermi em 1946, e isso foi minha grande sorte em uma longa carreira ‘sortuda’ como físico. Ele era um modelo maravilhoso de como alguém deveria fazer física e era

COMO O PRÊMIO NOBEL AFETOU SUA CARREIRA E VIDA PESSOAL? De muitos modos, na verdade. Dois exemplos: fui convidado para visitar minha cidade natal [Bad Kissingen] na Alemanha e tive a chance de fazer novos amigos por lá, o que me deu muito prazer; ainda me permitem ter uma sala no CERN [Centro Europeu de Pesquisas Nucleares], apesar de minha pouca utilidade atual.

NO COMEÇO DE SUA CARREIRA, NO FINAL DA DÉCADA DE 1940, EM BERKELEY (EUA), O SENHOR SE RECUSOU A ASSINAR O CHAMADO ‘JURAMENTO NÃO-COMUNISTA’. POR QUÊ? ISSO AFETOU SUA CARREIRA? Não assinei o tal ‘Juramento Não-Comunista’ porque seu conteúdo entrava em conflito com minha liberdade política. Aqueles de nós que não

lhões e trilhões deles atravessam nossos corpos, dia e noite.

Vale repetir aqui o que o físico e historiador da ciência holandês Abraham Pais (1918-2000) disse sobre o neutrino: talvez, essa partícula tenha sido um caso único na história da física, pois passou a ser usada, quase sem cerimônia, tanto por teóricos quanto experimentais, nas 2,5 décadas entre sua proposição e detecção. Por exemplo, o italiano Enrico Fermi (1901-1954) a usou para explicar – em uma bela teoria de 1934 – como ocorria a tal transformação do nêutron. Naquele mesmo ano, físicos, depois de alguns cálculos, concluíram que seria praticamente impossível detectar o neutrino, por conta de sua quase inexistente interação com

outras formas de matéria.

Para um sabor verde-amarelo a essa história, vale ressaltar que o grupo do físico britânico Cecil Powell (1903-1969) – no qual então jovem brasileiro César Lattes (1924-2005) trabalhou no biênio 1946-47 – empregou o neutrino para explicar o decaimento (transformação) do méson pi, então uma partícula recém-descoberta por aquela equipe (ver ‘Em Foco’ nesta edição).

Em 1962, três físicos norte-americanos conseguiriam detectar um segundo tipo de neutrino, o chamado neutrino do múon. Pelo feito, Jack Steinberger, Melvin Schwartz (1932-2006) e Leon Lederman ganharam o Nobel de 1988. O terceiro (e até agora úl-

timo) tipo, o neutrino do tau, foi teorizado na década de 1970 e detectado em 2000.

Hoje, a física de neutrinos – que já trabalha com feixes dessas partículas – é uma das áreas mais vigorosas da pesquisa científica deste início de século. Revelar propriedades dessas partículas fantasmagóricas ajudará a entender grandes mistérios sobre o surgimento e a constituição do universo.

A seguir, entrevista exclusiva de Steinberger para a *CH*, concedida a Antonio Augusto Passos Videira, do Departamento de Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro; Marco Moriconi, do Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense, e Cássio Leite Vieira, *Ciência Hoje* (RJ).

extremamente devotado em ajudar seus estudantes. Oppenheimer, quando eu o conheci como diretor do Instituto de Estudos Avançados, em Princeton, entre 1948 e 1949, não era um bom modelo. Ele só se importava em ser reconhecido como uma liderança intelectual.

POR QUE O SENHOR DECIDIU TROCAR A FÍSICA TEÓRICA PELA EXPERIMENTAL? Quando eu era um estudante de pós-graduação orientado por Fermi, eu queria fazer uma tese [de doutorado] teórica, mas não conseguimos chegar a um tema apropriado. Então, eu fiz um experimento. Em seguida, trabalhei um pouco em física teórica, mas meu trabalho [para o doutorado] foi predominantemente experimental.

O QUE O SENHOR ACHA DO ESTADO ATUAL DA FÍSICA DE PARTÍCULAS? E QUAL O PAPEL DA PESQUISA EM NEUTRINOS HOJE?

A física de partículas, assim como outras ciências, tornou-se muito mais difícil. Vimos, no século passado, avanços maravilhosos, como a mecânica quântica [que lida com os fenômenos atômicos e subatômicos] e a teo-

ria da relatividade geral [que é uma teoria sobre a gravidade]. Hoje, é muito mais difícil fazer avanços comparáveis a esses. Para mim, a questão mais interessante é: o que é a matéria escura? [tipo de matéria que forma grande parte do universo e cuja natureza ainda é desconhecida]. A pesquisa em neutrinos fez grandes avanços nas últimas décadas, especialmente por causa do estudo das oscilações dos neutrinos [fenômeno no qual um neutrino muda de tipo enquanto se desloca].

QUAL SUA ROTINA DIÁRIA? O SENHOR AINDA VAI DE BICICLETA PARA O CERN? QUAIS SÃO SEUS INTERESSES ALÉM DA FÍSICA?

Não, não venho mais ao CERN em minha bicicleta. Agora, pego o trem. Nos 20 anos em que pedalei, eu percorri o equivalente a duas voltas ao redor de nosso planeta [totalizando, cerca de 80 mil km]. Tento me manter a par dos avanços de algumas áreas da astrofísica e cosmologia. Antes, eu tinha vários *hobbies*, como jogar tênis, montanhismo e música de câmara, mas tive que desistir deles por conta da idade. Um dos grandes problemas da idade avançada é que seus amigos morrem.

Risquinhos históricos

A imagem deste mês é histórica para a física no Brasil. Ela permaneceu inédita até o mês passado, quando o físico brasileiro César Lattes (1924-2005) recebeu uma homenagem – na forma de um painel que detalha seus feitos – no Instituto de Física Gleb Wataghin, da Universidade Estadual de Campinas (SP), onde esse cientista trabalhou desde a segunda metade da década de 1960.

Os ‘risquinhos’ mostram as trajetórias deixadas em chapas fotográficas especiais (emulsões nucleares) da seguinte reação: um núcleo de boro colidindo com um nêutron, gerando dois núcleos de hélio (partículas alfa) e um núcleo de trítio (tipo de hidrogênio). Tudo em uma escala de 500x, ou seja, as trajetórias estão aumentadas 500 vezes. Esses detalhes podem ser lidos na parte superior da imagem, na caligrafia do próprio Lattes.

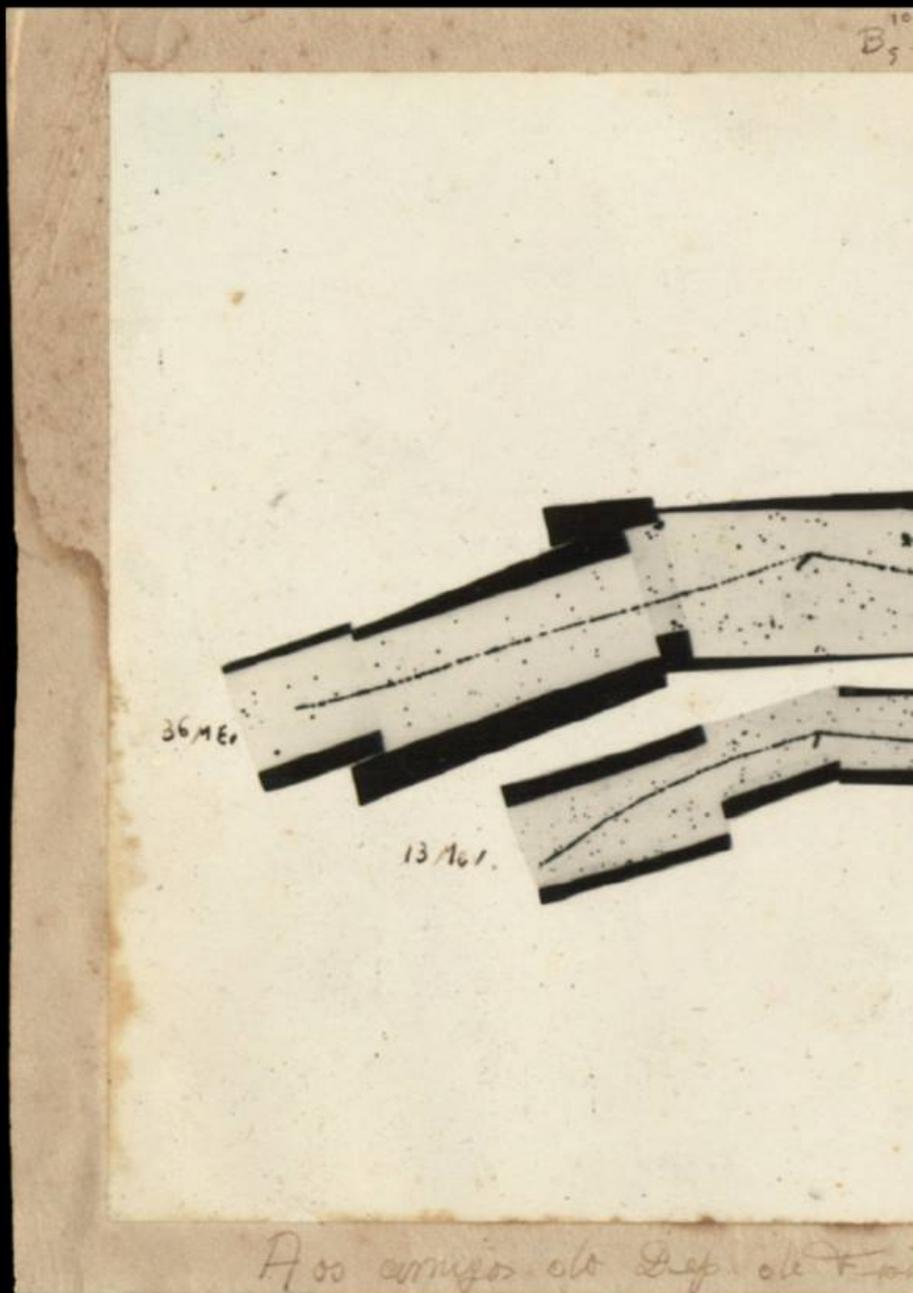
O importante dessa reação é o elemento químico boro, que Lattes havia pedido à fabricante das emulsões nucleares, a empresa britânica Ilford, para ser adicionado aos constituintes normais (basicamente, gelatina, prata e bromo) das chapas. O nêutron, no caso, veio da radiação cósmica (núcleos energéticos que bombardeiam a Terra a todo instante).

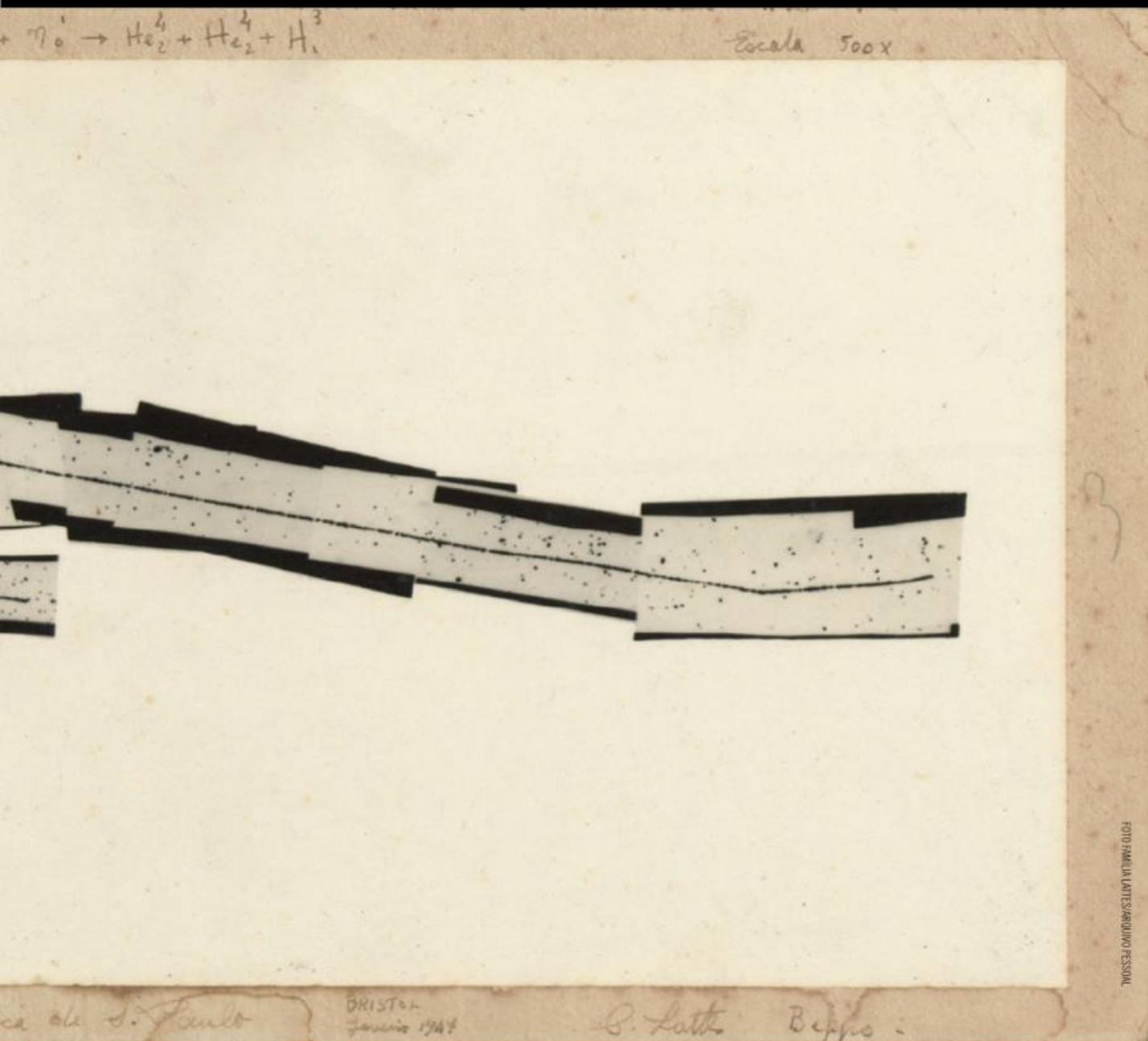
Na parte inferior, vê-se a assinatura de Lattes e de ‘Beppo’ – o físico italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993); a dedicatória (“Aos amigos do

Depto de Física de São Paulo”); local e data (“Bristol, janeiro 1947”).

O acréscimo do boro às emulsões nucleares foi fundamental para que a equipe da Universidade de Bristol (Reino Unido) – à qual Lattes estava ligado à época – conseguisse detectar uma nova partícula, o méson pi, responsável por manter o núcleo atômico coeso.

Inicialmente, a ideia de Lattes era estudar apenas propriedades desses nêutrons cósmicos. Um artigo com esses resultados saiu em *Nature* (08/03/47). Mas as mesmas chapas com boro – depois de expostas por cerca de um mês no Pic du Midi (França) por Occhialini – revelaram a existência do méson pi. E todas as atenções se voltaram para essa





descoberta, uma das mais importantes da física do século passado.

Outro bônus do acréscimo do boro às emulsões nucleares: os 'risquinhos' (trajetórias) das partículas que passavam pela camada de gelatina, formando uma fileira de 'grãozinhos' de prata, permaneciam mais tempo estáveis, sem sofrer esmaecimento. Portanto, a inclusão

daquele elemento químico foi essencial não só para a descoberta do méson pi, mas também para o aprimoramento do uso de fotografias como detectores.

A cascata de eventos que trouxe essa foto marcante para o(a) leitor(a) da *CH* foi a seguinte. O quadro foi entregue por Zuhair Warwar – colega de Lattes e ex-

-assessor do reitor da Unicamp – às quatro filhas do físico brasileiro, na cerimônia de homenagem. A existência da imagem chegou à nós por meio do físico Edison Shibuya, da Unicamp, que trabalhou por décadas com Lattes. A cópia aqui impressa foi gentilmente enviada por Maria Helena Signorelli, da Biblioteca Central César Lattes, da Unicamp.



PAIS ZELOSOS



COMO MUITOS INSETOS PROTEGEM SUA PROLE

Estamos muito acostumados com vertebrados cuidando de seus filhotes de diferentes maneiras e ensinando-os a sobreviver de forma independente dos pais, mas vários grupos de invertebrados também apresentam espécies que cuidam de sua prole, inclusive os insetos! Esse comportamento é chamado de cuidado parental, e pode ser realizado pela mãe, pelo pai ou por ambos.

Margarete Valverde de Macedo

Vivian Flinte

Ricardo Ferreira Monteiro

Laboratório de Ecologia de Insetos,

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Cuidado parental é todo comportamento que um ou ambos os pais apresentam em relação aos seus filhotes para aumentar suas chances de sobrevivência. O cuidado pode se iniciar antes do nascimento, com a preparação de abrigo para os filhotes (ou prole), por exemplo, e continuar até sua independência, com alimentação, proteção e outras atenções. A duração do cuidado – e se um ou ambos os pais cuidam da prole – varia entre as espécies.

>>>

Evolução do cuidado parental Por que algumas espécies evoluíram esse comportamento e outras não? Uma hipótese é que fatores que causam mortalidade da prole, como inimigos naturais, canibalismo ou micróbios competindo com os filhotes por recursos, teriam papel importante na evolução do cuidado parental.

Além de predadores, outros inimigos naturais muito comuns de insetos são os parasitoides. Esses insetos parasitoides têm um hábito de vida que lembra o filme *Alien*: algumas moscas e vespas colocam seus ovos nos ovos, nas larvas ou nas pupas de seus hospedeiros e se desenvolvem dentro ou sobre eles até emergirem como adultos, invariavelmente, causando a morte dos mesmos.

Alguns trabalhos já mostraram que a mortalidade dos ovos de espécies com cuidado parental, provocada por parasitoides, foi muito maior quando as mães foram retiradas da postura do que nos casos em que as mães foram mantidas cuidando de seus ovos, confirmando o importante papel do cuidado da fêmea para a sobrevivência de sua prole. Espécies que vivem e se alimentam sobre plantas, como muitos percevejos e besouros, são expostas a uma vasta gama de possíveis predadores, além de estarem mais sujeitas ao ataque de parasitoides. Essa ameaça

é uma forte pressão seletiva exercida pelos inimigos naturais que pode ter sido crucial para a evolução do cuidado parental em um grande número de insetos (figura 1).

O cuidado parental evoluiu independentemente – sem um ancestral comum para todos os insetos com esse comportamento – em pelo menos 10 ordens de insetos; entre elas, as ordens de besouros, percevejos e cigarrinhas, vespas e abelhas, tesourinhas, gafanhotos, baratas e borboletas (ver ‘Carona fatal’).

Riscos e benefícios É claro que, quando um ou ambos os pais investem em cuidar de seus filhotes, esse comportamento deve aumentar as chances de eles sobreviverem. Entretanto, o tempo gasto nesse cuidado implica menos tempo para gerar mais prole. Isso reduz a fecundidade (número de filhotes que a fêmea pode ter durante sua vida) da espécie. Além disso, há o custo energético investido no cuidado e o risco envolvido na defesa da prole contra inimigos naturais.

Um estudo com o percevejo *Gargaphia solani* mostrou que fêmeas que estão cuidando de suas ninfas (como são chamadas as formas imaturas de insetos com metamorfose incompleta) têm três vezes mais chances de serem mortas

Figura 1. Fêmea do percevejo *Pachycoris torridus* cuidando de seus ovos. A maioria dos ovos é de cor rosada e outros (como mostra a seta) são escuros, indicando que esses foram atacados por uma espécie de parasitoide



FOTO MARCIA FRANCO

CARONA FATAL

Em alguns casos, os parasitoides de ovos podem ser encontrados sobre o corpo da fêmea (parasitoides foréticos – os que pegam ‘carona’ em seus hospedeiros) desde antes da postura de ovos (oviposição) até durante o acasalamento com o macho. Quando a fêmea deposita os ovos, os parasitoides descem dela e parasitam os ovos da mesma de modo que, em vez de eclodir a larva do hospedeiro, emerge o adulto do parasitoide (figura 2).

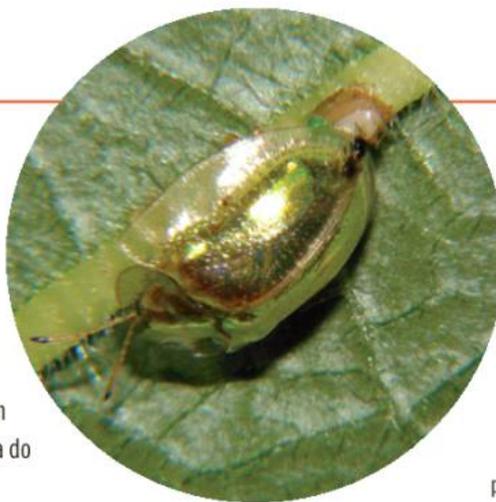


Figura 2. Fêmea do besouro *Plagiometriona forcipata* colocando um ovo sobre a planta que lhe serve de alimento; ao mesmo tempo, uma vespa parasitoide forética desce de seu dorso para parasitar seu ovo

FOTO VIVIAN FLINTE

do que aquelas da mesma espécie ainda sem filhotes. Outro exemplo é o percevejo *Antiteuchus sepulcralis*, cujas fêmeas fazem uma única postura com cerca de 28 ovos, gregários, permanecendo todo o tempo sobre esses ovos, defendendo-os do ataque de predadores e parasitoides. Essas fêmeas não se alimentam durante as três semanas que ficam cuidando dos ovos e das ninfas jovens, e tal investimento acaba por reduzir a sua longevidade e fecundidade, mas faz com que a sobrevivência de sua prole seja muito maior do que a de outras espécies aparentadas sem esse cuidado maternal.

Assim, embora seja custoso cuidar da prole, a evolução do cuidado parental deve ter sido favorecida nas situações em que os benefícios desse comportamento superam os custos, levando à sobrevivência de um número significativamente maior de filhotes.

Socialidade O cuidado parental é um tipo de interação social, pois pais interagem com os filhotes e estes entre si. Assim, a transição de uma vida solitária para uma vida em grupo por meio do cuidado parental representa o surgimento de um ambiente social, sendo as espécies com esse tipo de comportamento conhecidas como subsociais.

Para que a espécie seja considerada verdadeiramente social (eusocial), os indivíduos devem cooperar na reprodução e ter a divisão de trabalho com um sistema de castas, envolvendo indivíduos estéreis auxiliando aqueles que reproduzem, como acontece com cupins, formigas, abelhas e algumas vespas.

>>>

ESPERMATECA: CONDIÇÃO E VIDA

A espermateca é um órgão em forma de saco no trato reprodutivo feminino da maioria das espécies de insetos que armazena e mantém viáveis os gametas masculinos por longos períodos durante a vida reprodutiva das fêmeas, fornecendo espermatozoides para a fertilização de seus ovos (figura 3).

No caso de espécies que estocam os espermatozoides e que copulam com mais de um macho, pode haver competição espermática – quando espermatozoides de diferentes indivíduos competem para fertilizar os ovos –, o que diminui a certeza de paternidade. Alguns mecanismos, entretanto, evoluíram no sentido de aumentar as chances de assegurar a paternidade, como, por exemplo, a possibilidade de machos retirarem os espermatozoides de outros machos antes da cópula ou de ‘tomarem conta’ da fêmea até a oviposição.



Figura 3. Espermateca de uma espécie de besouro. Após a cópula, a fêmea armazena os espermatozoides em um saco chamado espermateca, onde permanecem viáveis por muito tempo. Eles chegam à espermateca através do ducto espermatecal, que, no caso do besouro *Plagiometriona multesignata*, é longo e enrolado como um fio de telefone

FOTO JESSICA H. WAKA



FOTOGRAFIA

Figura 4. Fêmea do percevejo *Antiteuchus* sp. cuidando de seus ovos e de suas ninfas recém-eclodidas

BRIGA DE FÊMEAS

Fêmeas de algumas espécies podem colocar seus ovos nos ninhos de outras fêmeas da sua espécie, parasitando seu cuidado maternal, comportamento conhecido como parasitismo social intraespecífico (*egg dumping*, em inglês). É bem estudado em vertebrados – principalmente, aves –, mas também ocorre em várias espécies de insetos, como alguns besouros que se alimentam de carcaças.

Os prejuízos do parasitismo social para a fêmea que recebe os ovos são facilmente identificáveis: tornar-se mais visível a predadores e dividir a quantidade de alimento com outros filhotes que não os seus são exemplos marcantes. Entretanto, também pode haver benefícios em receber ovos de outras fêmeas, como reduzir a perda de seus próprios ovos devido à predação, pois a existência de mais ovos dilui as chances de que seus próprios ovos sejam predados. Além disso, em uma espécie de inseto com esse comportamento, já foi observado que a fêmea parasita coloca seus ovos na periferia da massa de ovos da fêmea hospedeira e são justamente esses os ovos mais predados, conferindo assim, uma zona de proteção aos ovos da fêmea hospedeira.

Quem cuida? Como em outros animais, também nos insetos um ou ambos os sexos podem cuidar da prole. O cuidado maternal é a condição mais comum, embora o cuidado paternal e o biparental também sejam observados. Cientistas propõem várias hipóteses, não exclusivas, sobre os fatores que determinam qual sexo cuida da prole.

A fertilização interna permite ao macho se afastar da prole antes das fêmeas e, ao mesmo tempo, reduz a certeza sobre sua paternidade, o que faz com que o cuidado paternal seja menos comum. Além disso, o cuidado por parte dos machos é também desfavorecido quando eles competem por fêmeas, situação comum em insetos, pois elas podem armazenar espermatozoides de vários machos – na espermateca –, não havendo certeza sobre a paternidade da prole (ver ‘Espermateca: competição e vida’).

O cuidado paternal ou biparental é favorecido em situações em que os machos têm poucas chances de acasalar de novo ou quando a cooperação dos dois sexos é altamente benéfica, como, por exemplo, para usar e defender um tipo de recurso. Esse é o caso de algumas espécies de besouros rola-bostas cujos machos lutam entre si por fezes de grandes mamíferos, que são, então, roladas e enterradas em galerias construídas pelos vencedores, onde as fêmeas colocam seus ovos.

O cuidado maternal é o mais comum em insetos. Baratas, besouros, tesourinhas, percevejos, vespas e grilos apresentam espécies cujas mães cuidam de sua prole (ver ‘Briga de fêmeas’). Esse cuidado pode ser restrito às fases iniciais do desenvolvimento, como em alguns percevejos (figura 4), ou se estender da fase de ovo até o final da fase imatura, como no besouro *Paraselenis aulica*, que os autores deste artigo estudaram no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, em Teresópolis (RJ) (ver ‘O caso do besouro *Paraselenis aulica*’).

O cuidado paternal em insetos só foi registrado em trips e percevejos, e o caso mais conhecido é o da barata-d’água (apesar do nome, é um percevejo!), do gênero *Belostoma*, cujas fêmeas depositam seus ovos sobre o dor-



A



B



C



D

A) FOTO VIVIANE FELME; B) FOTO MARCHIA FRANCO; C) FOTO MARGARETE V. MACEDO; D) FOTO RICARDO F. MONTEIRO

O CASO DO BESOURO *PARASELENIS AULICA*

Em 2015, dois dos autores deste texto e outros colaboradores publicaram um trabalho na revista norte-americana *Annals of the Entomological Society of America*, apresentando um registro inédito do cuidado maternal de uma espécie de besouro que ocorre no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, região montanhosa no estado do Rio de Janeiro. *Paraselenis aulica* é um 'besouro-tartaruga' e tanto as larvas quanto os adultos se alimentam de uma planta trepadeira, comum na mata atlântica.

O cuidado maternal começa já na fase de ovo. A fêmea coloca uma massa de 30 a 40 ovos no ápice da folha de sua planta hospedeira e fica posicionada sobre essa massa. Quando as larvas nascem, elas permanecem agrupadas embaixo da mãe durante o repouso, e só se dispersam pela folha para se alimentar (o que, provavelmente, só ocorre durante a noite), mas a mãe continua mantendo guarda sempre. Ela cuida de sua prole ininterruptamente até os filhotes virarem adultos e, nesse período todo (em torno de 36 dias), ela não se alimenta. Algumas vezes machos se aproximam e copulam com a fêmea, mesmo quando ela ainda está cuidando da prole.

Quando sente algum distúrbio bem próximo, a fêmea vira-se em sua direção e balança o corpo de um lado para o outro. Essa estratégia pode funcionar bem contra predadores, mas não é eficiente para as pequenas vespas parasitoides, que pegam carona em seu dorso, aguardando a postura dos ovos (figura 5).

Figura 5. A fêmea do besouro *Paraselenis aulica* coloca uma massa de ovos na folha, permanecendo sobre eles o tempo todo (A). Ela estende o cuidado aos estágios de larva (B) e de pupa (C). Algumas vezes, machos copulam com as fêmeas enquanto elas ainda cuidam de sua prole (C). A mãe consegue defender bem seus filhotes imaturos contra predadores, mas pequenas vespas parasitoides foréticas, que pegam carona em seu dorso (D), podem ter sucesso em parasitar alguns ovos

so dos machos, que carregam esses ovos até sua eclosão. Assim, as fêmeas ficam liberadas para acasalar e produzir mais ovos. Esses percevejos são predadores muito grandes, chegando a medir 10 cm. Os machos dessas espécies, quando estão carregando ovos em seus dorsos, flutuam na água, para impedir que os ovos se afoguem, e, ao mesmo tempo, apresentam comportamentos que aumentam o fluxo de água por entre os ovos para evitar a dessecação e aumentar a aeração. O interessante é que os machos de belostomatídeos estão dispostos a guardar ovos até de outros machos, uma vez que carregar muitos ovos no dorso aumenta seu *sex appeal*.

O cuidado biparental já foi registrado em espécies de baratas, besouros e percevejos.

Embora o comportamento varie bastante entre as espécies, todas fazem ninho e o defendem contra machos invasores. Assim, a construção do ninho, a alimentação da prole e sua defesa são atividades divididas ou compartilhadas entre machos e fêmeas. **CH**

Sugestões para leitura

SANTOS, A. V., & ALBUQUERQUE, G. S. Custos ecofisiológicos do cuidado maternal em *Antiteuchus sepulcralis* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, v. 30, p. 105-111, 2001.

DA SILVA CUNHA, D. A., JUNIOR, W. F. A., & DE OLIVEIRA, H. N. Importância do cuidado parental sobre a expectativa de vida de *Pachycoris torridus* Scopoli, 1.772 (Hemiptera: Scutelleridae). *Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 18, p. 179-183, 2014.



EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO NO BRASIL: DO MONOPÓLIO À ABERTURA

Produção de
petróleo na
bacia de Campos

FOTO MICHAEL VOLCKER



A regulamentação das atividades de exploração de petróleo no Brasil refletiu, ao longo da história, as tensões existentes entre forças nacionalistas e globalizantes, que opunham ideias monopolistas e de livre competição. Hoje, diante da dependência energética do país em relação a esse recurso e dos desafios e oportunidades surgidos após a descoberta de grandes reservas em alto-mar, no chamado pré-sal, é preciso equilibrar a participação do Estado e da iniciativa privada no setor, para viabilizar novos empreendimentos e acelerar o necessário desenvolvimento da indústria petrolífera no país.

Evandro La Macchia,
*Programa de Pós-graduação
em Sistemas de Gestão Sustentáveis,
Universidade Federal Fluminense*

Jacob Binsztok
*Departamento de Geografia Humana,
Universidade Federal Fluminense*

Julio Cesar Wasserman
*Instituto de Geociências,
Universidade Federal Fluminense*

Inspirado nas regras de exploração e produção do ouro, o Brasil independente manteve, em sua Constituição de 1824, o princípio legal do período colonial de que toda a riqueza do subsolo era propriedade da Coroa. As minas, antes da Coroa Portuguesa, passaram ao domínio do Império. Assim, qualquer iniciativa de exploração e produção mineral dependia de autorização expressa do imperador, o que gerou limitações ao desenvolvimento do país, mas garantiu que o subsolo permanecesse um bem comum da sociedade. Ainda que os bens minerais fossem nacionais, as autorizações imperiais de mineração podiam ser atribuídas a brasileiros natos ou a estrangeiros, particularmente portugueses. >>>

A premissa de nacionalização do subsolo foi confirmada na Constituição de 1937. Naquela época, também foram aprovadas leis complementares, segundo as quais o Estado só cedia direitos exploratórios a brasileiros ou a empresas formadas por acionistas brasileiros. O petróleo, considerado riqueza do subsolo, foi submetido à mesma legislação, e o Conselho Nacional do Petróleo, fundado em 1938, passou então a controlar e administrar as jazidas. Além disso, o Conselho passou a formular a política nacional do setor, decidindo sobre a cessão de direitos de exploração e produção, autorizando a instalação de refinarias e fixando os preços dos combustíveis nos postos do país.

Em 1953, no segundo governo de Getúlio Vargas, foi fundada a Petrobras, que passou a exercer o monopólio do Estado na indústria do petróleo. Apesar desse monopólio, a empresa foi criada com capital aberto à participação de brasileiros natos ou empresas formadas por acionistas com nacionalidade brasileira. Embora a Petrobras tenha recebido muitos empregados estrangeiros – sendo o mais célebre o geólogo norte-americano Walter Link (1902-1982), que comandou o departamento de exploração da empresa em seus primeiros anos de funcionamento –, o conselho e a diretoria deveriam ser compostos exclusivamente por brasileiros natos.

Entre os anos de 1953 e 1997, as atividades da indústria petrolífera no Brasil foram exercidas majoritariamente pela Petrobras. Nesse período, o Estado restringiu a participação privada nos segmentos de exploração, produção, refino, logística primária e importação e exportação de petróleo e combustíveis, tanto para empresas privadas nacionais quanto estrangeiras.

A exceção ocorreu entre 1976 e 1978, quando os governos militares ofertaram os chamados contratos de risco, que permitiam a exploração de petróleo pela iniciativa privada. Nesses casos, toda a produção deveria ser vendida à Petrobras (a responsável legal pelo exercício do monopólio do Estado). A contratada receberia o pagamento pelos serviços realizados em óleo ou em dinheiro.

Queda do monopólio A Constituição de 1988 manteve a Petrobras responsável pelo monopólio legal do Estado sobre o petróleo e as atividades da indústria petrolífera. Mas, em 1995, sob influência da abertura democrática, uma Emenda Constitucional deu ao Estado a possibilidade de contratar empresas estatais ou privadas, nacionais ou estrangeiras, para exercer a exploração e produção de petróleo.

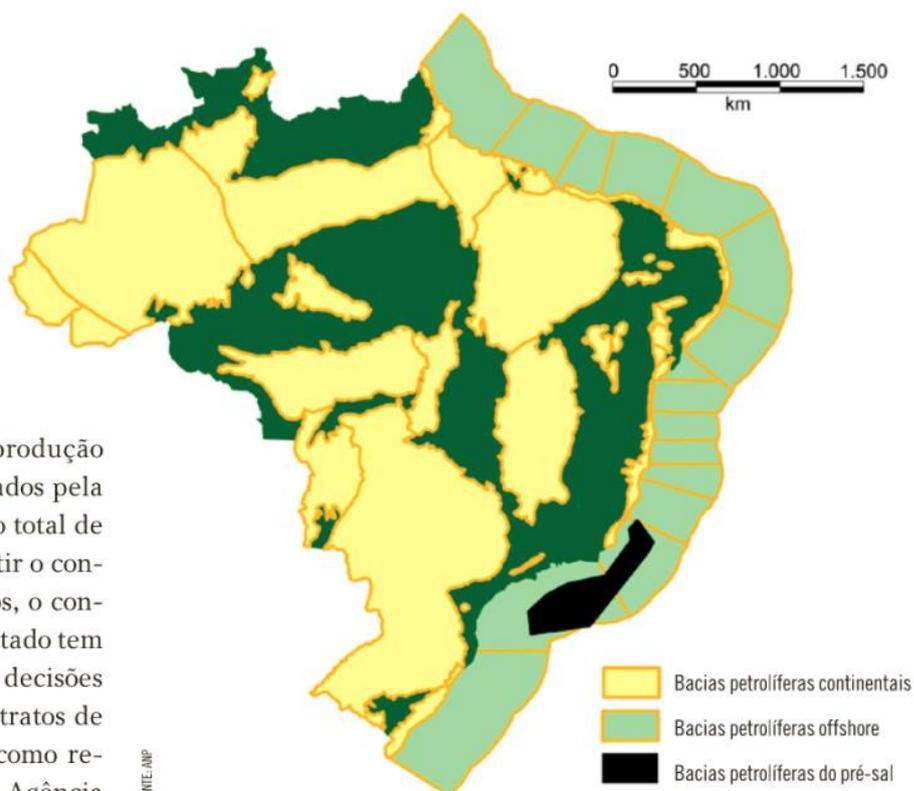
A partir de 1999 (após 46 anos de monopólio), começaram a ser realizados leilões para cessão integral de direitos de exploração e produção de blocos de petróleo a empresas estatais ou privadas, nacionais ou estrangeiras. Nesse tipo de contrato – que rege majoritariamente a cessão de áreas petrolíferas no país até hoje –, o Estado passa a atuar como regulador e fiscalizador, além de fazer a captura da renda da produção, principalmente por meio de cobrança de *royalties* e participações especiais.

Em 2007, foram anunciadas descobertas de grandes reservas petrolíferas abaixo de uma camada do solo submarino chamada de pré-sal. Como essas descobertas foram feitas em áreas exploradas por empresas por meio de contratos de concessão – vigentes até hoje –, iniciaram-se estudos para revisar o modelo de cessão de direitos de exploração e produção petrolíferas.

Atualmente, a produção do pré-sal, feita principalmente pela Petrobras, ocorre em campos que operam por meio de concessão. Em 2008, os leilões de concessão foram interrompidos, para que se decidisse o novo padrão de contratos para exploração e produção de petróleo no Brasil, tendo sido retomados em 2013. Foram cinco anos perdidos para o desenvolvimento da indústria do petróleo.

A partilha Em 2010, foi implantado o chamado contrato de partilha exclusivamente em áreas especiais, ou seja, de baixo risco geológico e alto potencial de produção. Nesse novo tipo de contrato, o Estado recebe *royalties* e parte da produção. O volume partilhado entre o Estado e o contratado é o chamado ‘excedente em óleo’ ou ‘óleo lucro’, que

Mapa das bacias brasileiras com potencial petrolífero. Cerca de 2% das áreas (em preto) estão sujeitas aos modelos de cessão onerosa e partilha de produção. O restante é operado em regime de concessão, o que evidencia a simultaneidade de diferentes modelos regulatórios em vigência no Brasil



é a diferença entre os custos de produção acrescidos dos investimentos realizados pela empresa ou consórcio contratado e o total de receitas da produção. Para se garantir o controle sobre os custos e investimentos, o contrato de partilha estabelece que o Estado tem 50% dos votos e direito a veto nas decisões dos consórcios. Assim como nos contratos de concessão, o Estado também atua como regulador e fiscalizador, por meio da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Nas áreas do pré-sal, é atribuída às empresas privadas apenas participação financeira, sendo a operação de exploração e produção realizada exclusivamente pela Petrobras. Foi estabelecida também a obrigação de presença da Petrobras em todos os consórcios formados nesse regime regulatório, com participação mínima de 30%. Nos contratos de partilha, o Estado também aprofunda sua presença envolvendo-se na comercialização do petróleo partilhado. Embora esse modelo restrinja severamente o papel da iniciativa privada, ele está pautado na lucratividade, garantindo ao Estado e à sociedade maior usufruto do valioso recurso.

No mesmo período em que foi implantado o contrato de partilha, o Estado cedeu à Petrobras, em troca de ações da empresa, o direito de produção de até 5 bilhões de barris de petróleo e gás natural em áreas especiais. Tal contrato foi denominado de cessão onerosa e completou o portfólio de modelos de operação da indústria petrolífera.

A história de nossa legislação demonstra que tensões entre o Estado e a iniciativa privada, entre monopólio e livre competição, entre a presença de empresas nacionais e estrangeiras, sempre estiveram no centro das

discussões sobre a exploração do petróleo. De forma geral, as sucessivas agendas legais determinaram um domínio histórico do monopólio da Petrobras sobre outras empresas nacionais e internacionais, o que permitiu a essa companhia obter um melhor conhecimento da geologia do país.

Dependência energética A indústria de petróleo no Brasil e no mundo continua sendo promissora. Em 2015, segundo o relatório BP Statistical Review, 56,8% do consumo de energia mundial foi suprido por petróleo e gás natural. No Brasil, esses recursos atenderam a 51% da oferta de energia em 2015. O Balanço Energético Nacional de 2015 indicou que, entre os anos de 2005 e 2014, a participação do petróleo se expandiu de 38,8% para 39,4% e a do gás natural, de 9,4% para 13,5%. Em se tratando de energia, esse é um crescimento significativo.

Além disso, o relatório de 2013 da Agência Internacional de Energia (AIE) previu que, em 2035, o petróleo e o gás natural ainda serão responsáveis por 50,5% de toda a oferta de energia global. No Brasil, a Agência projetou que, em 2035, o petróleo e o gás natural serão responsáveis por 50,4% do suprimento total de energia. Embora as novas tecnologias

>>>

de energia limpa tenham sido contabilizadas em tais previsões, ainda se espera uma grande dependência dos combustíveis fósseis.

Em relação ao potencial das reservas de petróleo brasileiras, as projeções da AIE apontam para até 120 bilhões de barris. Por outro lado, segundo a ANP, o total das reservas confirmadas do país em 2015 era de 13 bilhões de barris. A contribuição do pré-sal para as estimativas da AIE é significativa. Em 2015, apenas sete anos após o anúncio da descoberta do pré-sal, 31% da produção de petróleo brasileira e 30% da de gás natural vieram dessas reservas.

Embora o modelo de partilha tenha sido definido para regulamentar o pré-sal, a atual produção ocorre dentro do modelo de concessão, que foi estabelecido em contrato quando essas áreas foram concedidas e, por isso, deve ser respeitado e mantido pelo Estado. O primeiro bloco do pré-sal cedido por meio de contrato de partilha foi Libra, em 2013, e ainda não começou a produzir, pois o prazo de desenvolvimento é relativamente longo (da ordem de vários anos).

Oportunidades e desafios O reconhecimento geológico da margem continental brasileira iniciou-se ainda nos anos 1970, com o projeto Remac, financiado pelo governo federal, criando as bases para a exploração e produção de petróleo no Brasil. No entanto, o conhecimento básico para a realização dessas atividades deve ser desenvolvido pelas próprias empresas beneficiárias, o que não tem sido feito com a velocidade desejável. Resulta disso que, segundo dados do Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás 2013-2015, feito pela Empresa de Pesquisa Energética, a maior parte de todas as nossas bacias com potencial de exploração e produção ainda não foi alvo de pesquisa geológica aprofundada, o que se mostra uma combinação de oportunidades e desafios. Para melhorar o conhecimento geológico dessas bacias, é necessário realizar mais estudos, o que só poderá ser viabilizado por meio da contínua oferta de novas áreas.

No esforço para aumentar a produção de petróleo e gás no país, a participação do setor privado ainda é insignificante. Apesar da abertura ao capital privado, com a flexibilização do monopólio do petróleo na década de 1990, em 2015, segundo a ANP, a Petrobras ainda era dona de 84% da produção de petróleo e 81% da produção de gás natural, sendo a responsável operacional por 92% da produção de petróleo e 94% do gás natural. A empresa é proprietária de quase 100% das refinarias e da logística primária dos líquidos e do gás natural. A grande questão é saber se o domínio da Petrobras – que tem acionistas privados e o Estado, sendo este último seu controlador – pode ser atribuído a condições de regulação favoráveis (como o período do monopólio e o recente caso dos contratos de partilha) ou ao seu bom desempenho técnico. A resposta é provavelmente um misto dos fatores.

Os balanços financeiros da Petrobras entre 2010 e 2015 mostram que o indicador de endividamento da empresa saltou de 16% para 60%. No que se refere à segurança financeira, busca-se não ultrapassar os valores



FOTO JILIO WASSERMAN

limites de 35%. As diretorias atual e anterior da Petrobras elencaram a dívida como o maior desafio a ser superado. A empresa apresentou ainda prejuízos de 21,5 bilhões e 34,8 bilhões de reais em 2014 e 2015, respectivamente.

Mas essa dívida precisa ser analisada à luz das perspectivas da Petrobras. Dona de importantes reservatórios no pré-sal, a empresa precisa investir na exploração e produção de um recurso cujo retorno poderá ser valioso. Entretanto, os esforços financeiros e tecnológicos são também excepcionais. A grande dívida da empresa é, em parte, atribuída a esses investimentos.

A proposta da empresa de vender alguns desses reservatórios com a justificativa de pagar a dívida parece incoerente, pois são eles que a quitarão. Tratar os problemas da Petrobras (uma empresa de petróleo) como se ela fosse um banco, no mercado financeiro, parece um erro.

Maior participação privada Na contramão do que vem sendo feito pelo Estado, seria importante incrementar a exploração e produção do pré-sal, incorporando ao processo mais empresas, que dividiriam os investimentos e garantiriam, assim, uma rentabilidade futura cada vez maior para a Petrobras. Embora o primeiro leilão de áreas de pré-sal no modelo de partilha tenha ocorrido em 2013, desde então não houve mais ofertas dessas áreas.

O país hoje opera com três modelos regulatórios simultâneos: partilha, concessão e cessão onerosa. Medidas como a unificação da operação de diferentes campos produtores vizinhos em um só operador, as chamadas 'unificações', tornam-se difíceis por causa dessa simultaneidade. Existe também a situação indesejável de um mesmo campo operar sob diferentes contratos e regimes fiscais. Apesar dessa complexidade, é possível realizar esforços no sentido de harmonizar os três tipos de contratos, para viabilizar uma maior participação do setor privado na indústria. Na partilha, por exemplo, a permissão da operação de outras empresas, além da Petrobras, e a

não obrigatoriedade de participação desta última em todos os consórcios podem ser re-consideradas.

Outro ponto a se levar em conta são as significativas particularidades das áreas de terra e mar, que se refletem nas condições de investimento, bem como no perfil dos diferentes investidores. Nesses casos, regulação, estruturas de captura de renda pelo Estado e leilões de ofertas de áreas poderiam ser reestruturados de maneiras distintas, de modo a atender tais diferenças e melhor atrair novos investidores nacionais e estrangeiros (grandes, médios e pequenos).

Dado o risco geológico, o alto aporte de capital e o longo tempo de maturação dos investimentos, as empresas planejam suas atividades em áreas petrolíferas em longo prazo. Por isso, a quantidade, a continuidade e a previsibilidade de oferta de novas áreas são fundamentais.

Para que a indústria petrolífera se desenvolva na velocidade esperada e tão necessária para o país, é preciso viabilizar novos empreendimentos. Alcançar esse objetivo passa por realizar ações que estimulem maior equilíbrio entre os setores estatal e privado, além de incentivar liberdades competitivas que promovam a presença de um maior número de empresas nacionais e estrangeiras no setor. 

Sugestões para leitura

MONIÉ, F. e BINSZTOK, J. *Geografia e geopolítica do petróleo*. Ed. Mauad, 2012. 365 p.

TOLMASQUIM, M.T. e PINTO JUNIOR, H.Q. *Marcos regulatórios da indústria mundial do petróleo*. Ed. Synergia, 2011. 322 páginas.

LIMA, P.C.R. *Pré-Sal: o novo marco legal e a capitalização da Petrobras*. Ed. Synergia, 2011. 132 p.

YERGIN, D. *A busca: Energia, segurança e a reconstrução do mundo moderno*. Ed. Intrínseca, 2011. 830 p.

Empresa de Pesquisa Energética. *Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás 2013-2015*. 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/EPEIan%C3%A7amapadoZoneamentoNacionaldeRecursosde%C3%93leoG%C3%A1s2013-2015.aspx>

SAMBAQUIS

MOSTRA DA BIODIVERSIDADE PRÉ-HISTÓRICA

Amontoados de conchas, restos alimentares e de fogueiras, artefatos e até ossos humanos, os sambaquis são uma amostra valiosa da pré-história do Brasil. A análise desses sítios arqueológicos vem sendo usada por pesquisadores que procuram descrever a riqueza, a distribuição e a evolução de espécies da fauna da costa brasileira nos últimos milhares de anos. Os resultados podem ser úteis nos esforços de conservação e manejo da biodiversidade marinha atual.

Edson Pereira da Silva

Tate Aquino de Arruda

Rosa Cristina Corrêa Luz de Souza

Michelle Rezende Duarte

*Departamento de Biologia Marinha
Universidade Federal Fluminense*

Na língua tupi, *tamba* significa ‘concha’ e *ki*, ‘amontoamento’. Essa é a origem da palavra sambaqui, usada para se referir a sítios arqueológicos encontrados em áreas costeiras de diversos lugares do mundo e que, há aproximadamente um século, foram identificados como construções artificiais erguidas por populações humanas pré-históricas em uma recente época geológica da Terra, o Holoceno (nome dado aos últimos 11 mil anos da história do planeta).

Existem centenas de sambaquis no Brasil, sobretudo na região que vai do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul – essa é uma evidência incontestável de que nossa costa vem sendo ocupada pelo homem há pelo menos 8.000 anos. A maioria dos sambaquis tem o formato de um monte cônico arredondado. Já os tamanhos são variados: eles têm, em geral, algumas dezenas de metros de diâmetro na base e alturas que vão dos 2 aos 25 metros.

Os locais escolhidos para a construção dos sambaquis parecem estar diretamente relacionados à coleta de alimento, visto que eles são encontrados perto de enseadas, baías e lagoas, ambientes aquáticos de transição entre águas doce e salgada, com alta densidade e diversidade de formas de vida.

História em camadas Como dissemos, os sambaquis são compostos por deposições de sedimentos, resíduos alimentícios e mortuários. Essas deposições são artificiais e acumulativas, tendo sido edificadas segundo costumes, tradições e preferências alimentares do povo que as construiu. Apesar de terem sido muitas vezes remexidas e rearrumadas, as camadas de um sambaqui representam as inúmeras etapas da construção desses sítios arqueológicos (figura 1).

O estudo do material ali encontrado nos dá pistas sobre a utilização, pelos povos primitivos, de recursos como ornamentos e artefatos. Além disso, os restos de animais encontrados nos sítios indicam que a dieta da população sambaqueira era baseada em frutos do mar: é grande o número de conchas de moluscos (que se sobressaem nas pilhas), carapaças de crustáceos e ouriços-do-mar, assim como de espinhas de peixes e ossos de aves e mamíferos.

Além de enriquecer nosso conhecimento sobre as populações que habitaram o litoral brasileiro no passado, os restos de fauna indicam aspectos importantes do ambiente onde elas viviam, apontando, por exemplo, quais eram as espécies presentes na costa brasileira naquela época.

A utilização desses vestígios zoológicos como testemunhos da fauna do passado e de sua mudança ao longo do tempo é uma abordagem que tem sido usada para estudar a evolução da biodiversidade na costa brasileira. Estudos dessa natureza são importantes para o aprimoramento do entendimento da biodi-

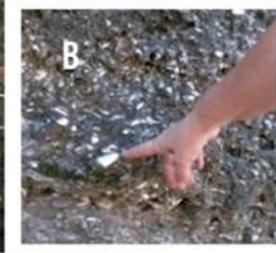


Figura 1. Em um sambaqui: A) camadas estratigráficas evidenciadas na escavação; B) detalhe; C e D) triagem do material coletado; E) concha da espécie de gastrópode *Siratus senegalensis*; e F) concha da espécie de bivalve *Donax hilairea*

versidade marinha, ampliando o conceito de diversidade biológica com uma perspectiva de longo prazo.

Biodiversidade escolhida

Uma questão importante para os especialistas que se debruçam sobre o estudo dos sambaquis é entender qual era a sua finalidade. Parte dos autores acredita que os sambaquis eram essencialmente espaços habitacionais, enquanto outros defendem que se tratava de grandes cemitérios. Ainda que não se tenha certeza sobre a resposta para esse impasse, sabe-se ao certo que fatores como cultura, tabus alimentares e formas de descarte do material desempenharam um papel relevante na composição e no grau de preservação dos vestígios zooarqueológicos encontrados nos sambaquis.

Portanto, os restos de organismos encontrados nesses sítios não representam amostras aleatórias das comunidades biológicas naturais das quais foram coletados. Cada espécie que ali está foi escolhida pela importância que teve na alimentação e na cultura de um povo. Apesar disso, vestígios zooarqueológicos oriundos dos sambaquis permitem a recuperação de valiosas informações para descrição, ao menos em parte, da biodiversidade do passado.

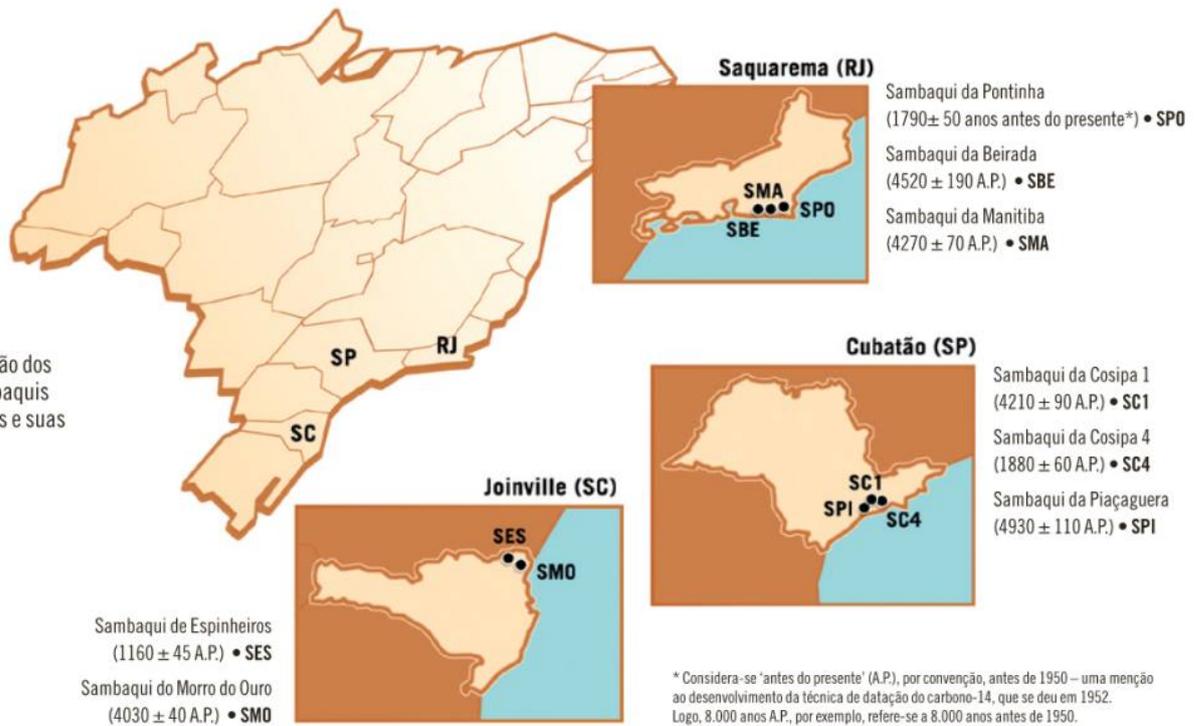
O material biológico encontrado nos sambaquis pode fornecer inúmeros dados referentes à composição, abundância, distribuição e riqueza de espécies durante o Holoceno. Além disso, a estruturação dos sambaquis em camadas estratigráficas representativas de diferentes épocas da ocupação dos sítios permite a comparação dos dados biológicos levantados para cada uma das camadas, tornando possível, assim, inferir se houve alguma mudança na biodiversidade ao longo do tempo – por exemplo, extinções e declínios populacionais por causas naturais ou pressões humanas.

Organismos de hoje, de ontem, de antontem

Um estudo recente com base em 70 sítios arqueológicos do estado do Rio de Janeiro inventariou 124 espécies de moluscos, sendo 65 bivalves – classe à qual pertencem os mexilhões – e 59 gastrópodes – a mesma classe dos caracóis e lesmas. Todas elas podem ser encontradas atualmente na região, o que

>>>

Figura 2. Localização dos oito sambaquis estudados e suas datações



demonstra uma estabilidade da biodiversidade destes animais num período de 8 mil a 2 mil anos.

Inventários de referências como esse são essenciais para o estabelecimento de *baselines*, termo em inglês usado para fazer referência ao ecossistema presente em determinado local antes que a influência humana se tornasse perceptível na paisagem. As *baselines* têm funcionado como uma valiosa estratégia para se compreender a biodiversidade e sua evolução.

Uma abordagem abrangente para a questão da biodiversidade deve incluir a história de um local, colocada em uma perspectiva evolutiva. O maior estudo desse tipo já realizado no Brasil avaliou a fauna progressiva de moluscos a partir de dados de um total de 578 sambaquis do Holoceno Tardio (período que vai de 4.200 anos antes do presente até hoje) localizados ao longo de mais de 2 mil quilômetros da costa.

Os dados foram obtidos a partir de materiais arque-

ológicos encontrados em coleções, escavações e observações *in situ*, além de pesquisas na literatura especializada. A partir daí, criou-se um inventário de referência para os moluscos dos sítios arqueológicos estudados, com informações sobre riqueza de espécies, distribuição geográfica e hábitos alimentares – vale notar que alguns moluscos se alimentam por filtração, outros são carnívoros e outros, ainda, são detritívoros.

Foram encontradas 154 espécies de moluscos, das quais 78 eram bivalves e 76, gastrópodes. Como no estudo fluminense, a composição das espécies nos sambaquis parece espelhar a biodiversidade atual. Tomemos como exemplo a família Veneridae (entre os bivalves, a mais diversa, com 50 gêneros atuais no mundo): nove dos 14 gêneros hoje encontrados no Brasil estavam presentes em sambaquis do Centro-sul do país. Entre os gastrópodes, a família Olividae teve a maior diversidade nos sítios estudados, sendo o gênero *Olivancillaria* representado por seis espécies – o

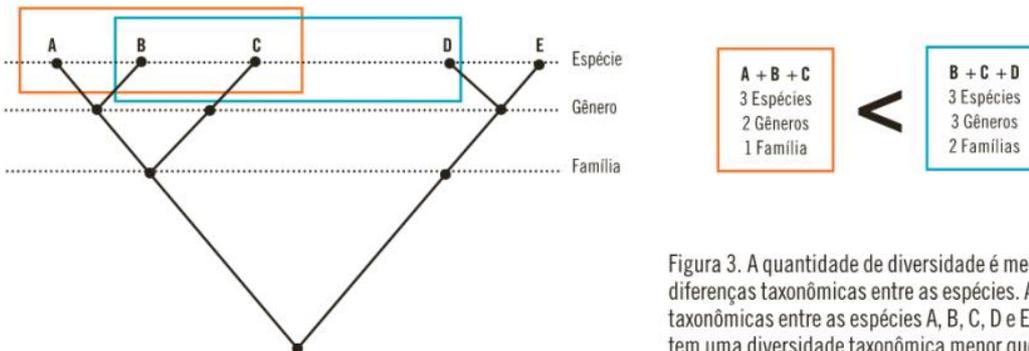


Figura 3. A quantidade de diversidade é medida com base nas diferenças taxonômicas entre as espécies. A figura mostra as diferenças taxonômicas entre as espécies A, B, C, D e E. O retângulo laranja tem uma diversidade taxonômica menor que o retângulo azul

que equivale a dois terços das espécies de *Olivancillaria* que ocupam atualmente as águas brasileiras.

Padrões de biodiversidade Além do número de espécies presentes em dado ambiente na atualidade e no passado, outro dado que ajuda a traçar uma imagem mais precisa da biodiversidade pregressa é a composição de gêneros, famílias e ordens a que essas espécies pertenciam, bem como seus hábitos alimentares. Esse tipo de estudo também já foi realizado, no Brasil, para os moluscos: a partir da complexidade taxonômica das populações e de suas guildas alimentares (conjuntos de hábitos alimentares das espécies), tentou-se definir o padrão da biodiversidade de moluscos para diferentes sambaquis de diferentes tempos.

A pesquisa incluiu oito sambaquis (figura 2) de três locais diferentes (três de Saquarema-RJ; três de Cubatão-SP e dois de Joinville-SC). Esses sambaquis foram escolhidos por estarem, dentro de cada localidade, muito próximos geograficamente – portanto, sem grandes diferenças ecológicas entre eles. Além disso, todos os sítios apresentavam datações e, mais que isso, para cada local existiam sambaquis mais novos e mais antigos, com uma diferença de 2 mil anos entre eles.

Com base nos inventários de espécies encontradas, definiu-se a quantidade de diversidade biológica para cada área em cada tempo – variável estimada pelo número de diferenças taxonômicas entre as espécies (figura 3). Dessa forma, tentou-se avaliar se teria ocorrido uma evolução dos padrões de biodiversidade entre os tempos antigo e recente.

Os resultados mostraram uma leve redução na diversidade de moluscos bivalves e gastrópodes em todas as áreas nos tempos mais recentes (figura 4). Essa mudança sutil nos padrões de biodiversidade de moluscos na costa brasileira pode ter sido ocasionada por motivos culturais – dada a seletividade das populações sambaqueiras quanto à coleta de organismos do meio – ou por alterações ambientais, como mudanças no nível do mar ocorridas durante o Holoceno.

Do passado para o futuro Nas últimas décadas, muitos ambientes vêm sendo alterados ou destruídos por mudanças climáticas, bioinvasões (chegada e estabelecimento de organismos não nativos em ambientes naturais) e ações antrópicas, o que contribui

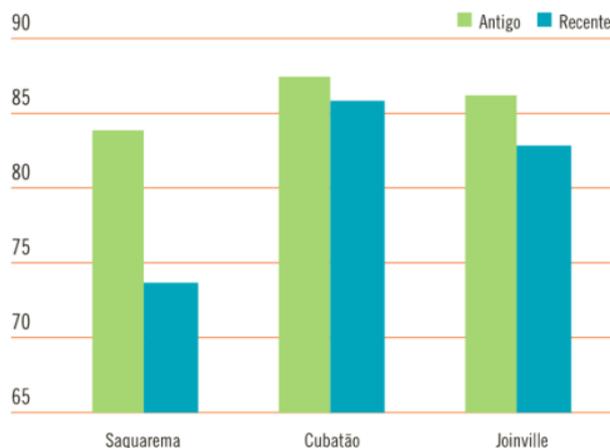


Figura 4: Diversidade de moluscos encontrada nos sambaquis estudados. Observa-se uma tendência de redução da biodiversidade recentemente

para a perda de sua diversidade natural. Nesse contexto, conhecer as espécies que compõem um ecossistema torna-se extremamente importante.

Neste artigo, apresentamos alguns estudos que utilizam dados zooarqueológicos para desvendar a biodiversidade da costa sul-sudeste brasileira no passado e como ela vem mudando ao longo do tempo. Apesar do fato conhecido de que os sambaquis são construções artificiais e acumulativas e, portanto, sofrem distorções e intemperismo com o passar dos anos, tem sido possível demonstrar que eles podem recuperar de maneira adequada informações sobre a biodiversidade do passado e sua evolução.

Esses resultados representam uma promessa de novos dados no que diz respeito à biodiversidade marinha brasileira, possibilitando a manutenção da vida com a ajuda de iniciativas de conservação e manejo das espécies. 

Sugestões para leitura

- SOUZA, R.C.C.L.; LIMA, T.A. & SILVA, E. P. 2011. *Conchas marinhas de sambaquis do Brasil*. Technical Books Editora, Rio de Janeiro.
- SOUZA, R.C.C.L.; LIMA, T.A. & SILVA, E.P. 2010. Holocene molluscs from Rio de Janeiro state coast, Brazil. *Check List*, v. 6, n. 2, pp. 301-308.
- SOUZA, R.C.C.L.; SILVA, E.P. & FERNANDES, F.C. 2005. Sambaqui: Baú de preciosas informações. *Ciência Hoje*, v. 36, n. 214, pp. 72-74.
- SOUZA, R.C.C.L.; TRINDADE, D.C.; DECCO, J.; LIMA, T.A. & SILVA, E.P. 2010. Archaeozoology of marine mollusks from Sambaqui da Tarioba, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia*, v. 27, n. 3, pp. 363-371.

A FÍSICA DAS PARTÍCULAS HUMANAS

Uma abordagem quantitativa
dos fenômenos coletivos humanos



O comportamento humano parece estar longe do âmbito de fenômenos naturais estudados pela física. Entretanto, nos grandes grupos de pessoas, observam-se eventos análogos aos que ocorrem em sistemas físicos.

Exemplos desses eventos coletivos são a emergência de consenso sobre um determinado assunto, a formação espontânea de uma linguagem e o surgimento de engarrafamentos no trânsito.

A área da física que aborda esses tipos de fenômenos coletivos humanos, com o uso de ferramentas matemáticas e computacionais da física tradicional, é conhecida como física da dinâmica social (ou, simplesmente, sociofísica).

Celia Anteneodo

*Departamento de Física,
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro*

Alguns conceitos básicos da sociofísica – os quais serão apresentados ao longo deste artigo – podem ser ilustrados por meio do seguinte modelo simples, bastante conhecido nessa disciplina. Pensemos em uma população com dois tipos de indivíduos – digamos, verdes e vermelhos –, distribuídos espacialmente de forma misturada.

Mesmo aceitando um ambiente misto, esses indivíduos não gostam de estar em minoria em uma dada vizinhança, ficando satisfeitos com, digamos, certa porcentagem mínima (P) de pessoas do mesmo tipo por perto. Em caso de insatisfação, tentarão se deslocar, até atingir a porcentagem mínima desejada.

Se os indivíduos fossem indiferentes ao tipo dos outros ($P = 0\%$), não haveria mudanças. Se fossem completamente intolerantes ($P = 100\%$), os grupos se separariam completamente. Entretanto, em situações intermediárias, podem surgir resultados não triviais.

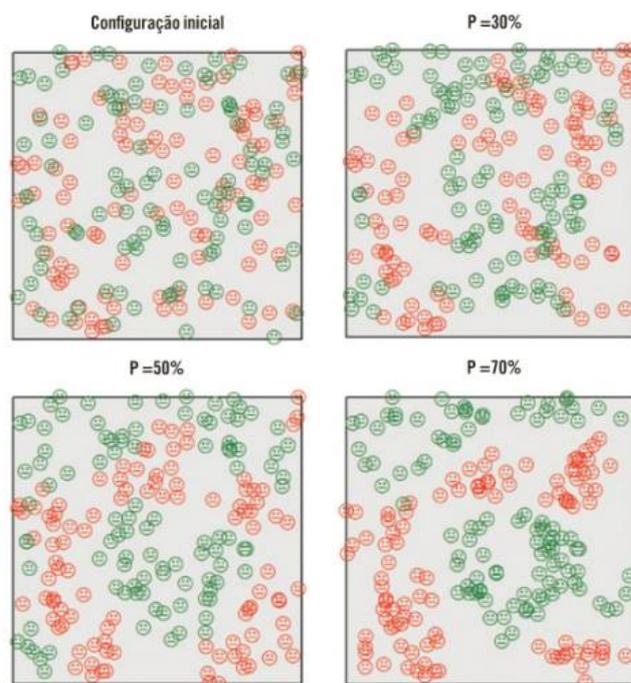
Com efeito, aplicando-se algumas vezes essa regra simples de troca de posição dos indivíduos, é observada uma segregação em grande escala, com conglomerados formados por um único tipo de pessoa!

Figura 1. Evolução da segregação entre indivíduos verdes e vermelhos (inicialmente, misturados), segundo a grandeza P , definida como a porcentagem mínima satisfatória de pessoas do mesmo tipo ao redor de um indivíduo. Nas configurações finais, a segregação está bem aumentada, e o número mínimo de pessoas nas proximidades de cada indivíduo é, na média, maior do que aquele determinado por P

À medida que a porcentagem P aumenta – ou seja, diminui a tolerância –, surgem conglomerados mais bem definidos. É notável que os grupos apareçam mesmo quando a exigência é baixa, como no caso de $P = 30\%$ (figura 1).

Portanto, a adoção de um princípio simples – ou seja, ter uma mínima fração de pessoas do mesmo tipo em volta, sem existir aversão por conviver com membros do outro grupo – pode levar à segregação espontânea (global ou em grande escala), resultado que não é almejado de antemão pelos indivíduos.

>>>



CÉLIO FELIX AURORA

Esse exemplo ilustra como um número grande de unidades que interagem entre si, por meio de regras que refletem as influências locais (vizinhas), pode se auto-organizar, isto é, atingir um estado organizado, mesmo sem influências externas. Essa auto-organização se manifesta na forma de padrões emergentes (aglomerados).

Esses aglomerados surgem em nível macroscópico, ou seja, em uma escala bem maior que a microscópica, característica das unidades (no caso, indivíduos) que constituem o sistema. Curiosamente, a porcentagem média de vizinhos semelhantes acaba sendo bem maior que a desejada originalmente. Isso reflete a chamada não linearidade do sistema: o efeito global não é a mera soma das reações individuais.

É claro que poderíamos considerar variantes mais sofisticadas, introduzindo diversos outros ingredientes, dependendo do problema particular a ser abordado. Por exemplo, incluindo mais classes de indivíduos ou a heterogeneidade dos mesmos, pois podem existir várias classes e nem todos os indivíduos têm o mesmo nível de tolerância.

Entretanto, o propósito do exemplo é justamente mostrar como regras locais simples podem ser responsáveis por si sós por padrões emergentes.

A esta altura, vale mencionar que os comentários feitos até aqui não se aplicam exclusivamente aos sistemas sociais, mas, mais geralmente, aos sistemas ditos complexos.

Física social Até algumas décadas atrás, a possibilidade de que a física pudesse acrescentar algo para entender e prever como grupos humanos se comportam e se organizam poderia parecer ficção científica.

E, de fato, essa possibilidade foi desenvolvida em obras literárias do gênero, como na trilogia *Fundação*, do escritor russo-americano Isaac Asimov (c.1920-1992), cujo personagem central, Hari Seldon, apresenta uma nova ciência – que ele denominou psico-história –, capaz de prever computacionalmente o comportamento de uma sociedade: “O ser humano individual é imprevisível; porém as reações das multidões humanas, descobriu Seldon, poderiam ser tratadas estatisticamente. Quanto maior a multidão, maior a precisão que poderia ser atingida”.

Nessa noção, se fundamenta, em boa medida, a sociofísica, parte de um ramo maior da física, a física estatística, que se desenvolveu desde a segunda me-

tade do século 19 e faz uso da teoria de probabilidades e da estatística de grandes números.

Os primeiros esforços para capturar regularidades ou leis ‘físicas’ do comportamento humano e modelar problemas sociais são, na verdade, bastante antigos, até mais do que a própria física estatística, que, reciprocamente, de alguma maneira, se inspirou nos estudos sobre problemas sociais e econômicos, nos quais a estatística encontrou inicialmente seu maior campo de aplicação.

Por exemplo, Adolphe Quételet (1796-1874) publicou, em 1835, um ensaio sobre ‘física social’. Em *Sobre o homem e o desenvolvimento de suas faculdades – ou ensaio de física social*, esse belga, astrônomo por formação, introduziu a noção de um ‘indivíduo médio’ com algumas ‘variações’ (flutuações) aleatórias: “[...] quanto maior for o número de indivíduos observados, mais as peculiaridades individuais, sejam físicas ou morais, se apagam, deixando predominar os fatos gerais [...]”.

Também foram influentes as ideias do historiador britânico Henry Buckle (1821-1862), que, na década de 1850, apresentou uma abordagem estatística da história da civilização. Esses conceitos influenciaram os estudos sobre gases desenvolvidos por físicos, como o escocês James Maxwell (1831-1879) e o austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), o qual, de fato, tinha em mente analogias entre moléculas e humanos, como demonstra trecho de um artigo dele de 1872: “As moléculas são como muitos indivíduos, tendo os mais diversos estados de movimento, e as propriedades dos gases permanecem inalteradas só porque o número destas moléculas, que em média têm um dado estado de movimento, é constante.”

As leis que a sociofísica procura são regularidades estatísticas ou tendências coletivas. Assim, características que os indivíduos em uma dada sociedade têm em média podem ser suficientes para compreender alguns fenômenos sociais.

Partículas humanas Quando o número de unidades constitutivas de um sistema é muito grande – inclusive, se tratando de partículas inanimadas, como as de um gás –, é impossível acompanhar as trajetórias ou a evolução temporal de cada uma delas separadamente.

Entretanto, o grande número leva ao surgimento de leis estatísticas que permitem descrever, quando não

o comportamento individual, o comportamento do sistema como um todo. Por exemplo, a pressão, temperatura e o volume de um gás são determinados sem conhecer a posição e velocidade de cada partícula.

Nisso reside o sucesso da física estatística, que, desde seu surgimento, tem servido para derivar propriedades macroscópicas da matéria. Entretanto, nas últimas décadas, foi consolidando-se a tendência em aplicar os conceitos e o ferramental da física estatística também em outras áreas do conhecimento.

Essa abordagem é possível porque, assim como nos sistemas físicos, nos sistemas complexos (e, em particular, nos sociais), encontramos muitas partes interagindo. Os componentes básicos, as 'partículas humanas', claramente, não são entidades 'simples', como átomos ou moléculas.

Seres humanos são distintos e, obviamente, não são partículas inanimadas, mas indivíduos com vontade própria, emoções e sentimentos. Porém, como ocorre nos sistemas físicos, indivíduos não agem sozinhos, mas interagem entre si, influenciando suas opiniões, atitudes e decisões, sendo sujeitos também a influências externas, como sinalizações, dominação de um líder ou mídia.

As interações entre indivíduos, seja de forma permanente ou temporária, ocorrem por contato direto ou visual, ou a distância – às vezes, sem que as pessoas tenham se encontrado, como pode ocorrer por correio ou redes sociais.

Para modelar esses contatos, costuma ser definida uma figura geométrica que os matemáticos denominam grafo, formada por vértices (pontos) e arcos (arestas) entre eles. Em nosso caso, os indivíduos são representados por vértices, unidos por arestas, caso eles tenham algum tipo de contato. Exemplo de grafo com um número gigante de vértices e arestas – os quais se alteram a todo instante – é o que representa



Figura 2. Jogo Alemanha versus França no Maracanã, nas quartas de final da Copa do Mundo de 2014. Em uma arquibancada, pessoas sentam ou ficam em pé influenciadas pelos vizinhos próximos, surgindo grupos de pessoas em cada uma dessas situações

os usuários das mídias sociais (*Facebook, Twitter, Instagram* etc.).

Em contraste com os sistemas físicos – em que conhecemos as interações moleculares –, não existem leis bem definidas sobre as interações humanas. Mas, assim como as interações físicas dependem de certas características dos objetos em interação (carga elétrica, massa etc.), a forma com a qual os indivíduos se influenciam depende também de suas características singulares, como grau de teimosia, conformismo ou aversão ao risco.

O tipo mais comum de interação entre indivíduos é a imitação (ou o contágio social), que tende a torná-los semelhantes – como no caso da figura 2, na qual se observam grupos de pessoas sentadas e grupos em pé: tendemos a ficar em pé ou pular se pessoas em volta ficam em pé ou pulam. É assim que pode ser gerada uma 'ola', aquela 'onda humana' gigante realizada pelo público em estádios esportivos. >>>



FOTOS: GEORGES PELLI/AUTORA

Figura 3. Frente do Centro Nacional de Artes e Cultura Georges Pompidou, em Paris, em julho deste ano. Pessoas se distribuem em grupos (de tipicamente dois ou três indivíduos), maximizando a distância entre esses aglomerados, tendo influências atrativas (entre amigos) e repulsivas (entre desconhecidos) como geradoras do padrão espacial observado

Geralmente, a imitação é uma manifestação da influência direta de nossos pares e ocorre em todos os grupos humanos em diversas situações. É por meio dela que aprendemos, por exemplo, uma linguagem e as normas comportamentais.

Mas há também casos em que a influência pode ser negativa, e as pessoas adotam posições contrárias – o termo técnico para isso é não conformidade. Essas situações, em que as pessoas tendem a se alinhar ou ‘antialinhar’, podem ser modeladas mediante analogias com algumas interações magnéticas.

Como fruto das repetidas interações entre os muitos membros da população ao longo do tempo, podem surgir estruturas espaciais (como as da figura 1); padrões temporais (sincronização de aplausos); ou espacotemporais, como a ‘ola’.

Ordem e desordem Entre os temas mais frequentemente abordados na sociofísica, encontramos os que envolvem mobilidade humana (circulação de pedestres, evacuação de ambientes fechados, trânsito de veículos etc.) e dinâmicas de opiniões (eleições políticas, adoção de inovações, surgimento de extremismos, viralização de produtos de consumo etc.).

Para a mobilidade humana, existem desde modelos em que o fluxo de pessoas ou veículos é tratado como um fluido contínuo até aqueles nos quais é acompanhada a evolução das partes elementares, sen-

do estas últimas tratadas como partículas sob a ação de forças de curto e longo alcance entre essas partículas, bem como entre estas e outros obstáculos que limitam o movimento.

A formação e evolução das opiniões associadas a cada indivíduo podem ser modeladas segundo regras que refletem como as decisões dos indivíduos são influenciadas por outros indivíduos e pela mídia.

Dessa evolução, pode surgir tanto o estado de consenso, no qual todos (ou quase todos) os indivíduos compartilham a mesma opinião, quanto estados fragmentados, com coexistência de diversas opiniões.

O consenso, a concordância ou a uniformidade no sistema social podem ser traduzidos por ‘ordem’ no jargão da física, enquanto o estado macroscópico de fragmentação ou de discordância pode ser traduzido por ‘desordem’.

Também no exemplo da figura 2, vimos como uma situação desordenada (com mistura) pode evoluir para uma mais ordenada (com aglomerados).

No contexto da mobilidade humana – seja movimentação de multidões, seja trânsito de veículos –, também podem ocorrer diversos estados macroscópicos: o trânsito pode fluir ou ocorrer um engarrafamento; pessoas podem passar por uma porta livremente ou pode se formar um aglomerado de pessoas (como um arco arquitetônico), tal que a passagem fique obstruída e ninguém consiga atravessá-la.

A mudança entre esses estados pode ter traços de uma transição de fase – como a passagem do estado líquido para o sólido, por exemplo.

Portanto, o problema clássico da mecânica estatística – entender as propriedades macroscópicas de um sistema e suas transformações a partir da estatística dos estados microscópicos – continua presente quando fazemos a transposição da física para a sociofísica.

Feitos e desafios Além de dinâmicas tanto de opiniões quanto de multidões mencionadas acima, existem outros tópicos abordados pela sociofísica, a exemplo da dinâmica cultural – com foco em perguntas tais como se a diversidade cultural persistirá ou desaparecerá em longo prazo – e da dinâmica de linguagens – que se concentra nos processos de formação espontânea, evolução e extinção de linguagens.

Mas também há outros grandes assuntos, como o surgimento de hierarquias na organização social; a distribuição desigual de riquezas e a criminalidade; o surgimento de conflitos bélicos e movimentos revolucionários; a disseminação de doenças etc.

Cabe mencionar que os problemas em que os indivíduos são agentes econômicos (consumidores, comerciantes, investidores etc.) poderiam ser considerados pela sociofísica. Entretanto, há um ramo particular que estuda sistemas econômicos (principalmente, os financeiros, como bolsas de valores) que é conhecido como econofísica.

Uma crítica comum à física de sistemas sociais é a simplicidade da modelagem. Entretanto, um modelo simplificado, mas que contenha ingredientes essenciais, pode contribuir para detectar os mecanismos fundamentais, que ficariam mascarados em um modelo mais detalhado. Além disso, assim como nem todos os detalhes da estrutura interna das moléculas são necessários para compreender certos fenômenos físicos, também algumas particularidades dos indivíduos podem não ser cruciais para prever certos comportamentos sociais.

Felizmente, no escopo de conceitos da física estatística, encontra-se o de universalidade: o surgimento de ordem e novas propriedades no sistema não depende de todos os detalhes microscópicos dos elementos constituintes. Em muitos casos, basta conhecer poucas características do sistema (por exemplo, alcance das interações) para entender essas estruturas emergentes, pois interações microscópicas distintas podem le-

var ao mesmo comportamento global. Como consequência, o coletivo pode ser previsível, apesar da diversidade e imprevisibilidade dos indivíduos.

Além disso, em toda modelagem, sempre há um grande número de detalhes negligenciados ou desconhecidos. Entretanto, podem ser introduzidas flutuações para levar em conta essas variáveis imponderáveis, como na modelagem da formação de preços de ações, resultado das muitas decisões dos agentes – as quais não são conhecidas em detalhe.

Há muitos desafios pendentes nessa área interdisciplinar. Para seu desenvolvimento, a disponibilidade de grandes volumes de dados (*big data*) desempenha papel crucial, permitindo extrair informações tanto para motivar quanto para validar a modelagem.

A sociofísica está já contribuindo para a compreensão de um amplo leque de fenômenos, como os mencionados acima. De que forma características como livre-arbítrio, teimosia, aversão ao risco, pânico, entre outras, influenciam o comportamento coletivo pode ser entendido por meio de experimentos computacionais, auxiliando na previsão de padrões coletivos e no seu controle – por exemplo, para facilitar a evacuação de ambientes e a disseminação de informações, ou para evitar engarrafamentos e epidemias.

Além disso, empreendimentos interdisciplinares como a sociofísica poderiam ajudar a mitigar a separação entre as ciências naturais e as humanas. As áreas envolvidas poderiam vir a se enriquecer, a partir das diferenças e analogias entre seus objetos de estudo. 

Sugestões para leitura

BUCHANAN, M. *O átomo social*. São Paulo: Leopardo editora Ltda (2010).

BALL, P. *Critical mass: how one thing leads to another*. New York: Farrar, Straus and Giroux (2004).

NA INTERNET

Grupo de Sistemas Complexos PUC-Rio:
<http://complexsystems.fis.puc-rio.br/publicacoes.html>

COMPORTAMENTO SUICIDA

VAMOS FALAR
SOBRE ISSO?

Um suicídio impõe aos que ficam o choque e a violência do abandono, desencadeia sentimentos confusos e aparentemente inconciliáveis. A dor causada por um suicídio é silenciada na vida das pessoas e ocultada na história das famílias. Então, sobre o que não se conversa, faz de conta que não aconteceu. Embora um tabu social tenda a ocultar a realidade dos suicídios, é preciso falar sobre isso.

Neury José Botega

*Faculdade de Ciências Médicas,
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp),
* Membro fundador da Associação Brasileira de Estudos e
Prevenção do Suicídio*



Os índices de suicídio vêm aumentando no Brasil, em oposição ao decréscimo observado na maioria dos países nos últimos 10 anos. Uma taxa de 5,8 suicídios para cada 100 mil habitantes por ano é relativamente baixa, se comparada às de outros países. No entanto, por ser populoso, o Brasil ocupa o oitavo lugar entre os países que têm os maiores números de mortes por suicídio.

Segundo as estatísticas mais recentes disponíveis, ocorreram no país 11.821 suicídios em 2012, o que representa, em média, 32 mortes por dia. Essa cifra está subestimada, pois alguns suicídios não são registrados como tais. Uma parcela dos acidentes e das mortes 'sem intenção determinada' – como consta nos atestados de óbito – decorre de suicídios.



No espectro do comportamento autoagressivo, o suicídio é a ponta de um *iceberg*. Estima-se que o número de tentativas de suicídio supere o de suicídios em pelo menos 10 vezes. Um estudo populacional realizado em Campinas (SP), em 2010, em parceria da Organização Mundial da Saúde com a Unicamp, revelou que, ao longo da vida, 17% das pessoas haviam pensado seriamente em pôr fim à vida, 5% chegaram a elaborar um plano para tanto e 3% já haviam tentado o suicídio (figura 1).

Uma enquete com 1.560 jovens (de 18 a 24 anos de idade) residentes em Pelotas (RS) mostrou que o comportamento suicida caminha ao lado de outros riscos de agravos à saúde, como, por exemplo, acidentes automobilísticos, envolvimento em briga com agressão física, porte de arma branca, uso abusivo de álcool e de outras substâncias psicoativas e relação sexual sem uso de preservativo.

Fatores de risco A temática do suicídio está aberta a diferentes visões e a várias ciências. Devido à sua natureza polêmica, com-

plexa e multidimensional, não há uma maneira única de se abordar o problema. Na perspectiva da saúde pública, os chamados ‘fatores de risco’ derivam da consolidação de dados oriundos de estudos populacionais. Na prática clínica, damos um salto referencial, do coletivo para a singularidade de um indivíduo, e assim raciocinamos: se uma pessoa tem fatores de risco para o suicídio, a possibilidade de vir a se matar deve ser considerada.

Transtorno mental e histórico de tentativa de suicídio são os principais fatores de risco de suicídio. A depressão, o transtorno afetivo bipolar, a dependência de álcool ou de outras drogas psicoativas, bem como a esquizofrenia e certos transtornos de personalidade (com características de impulsividade, agressividade e variabilidade de humor) são os que mais predis põem ao suicídio.

Não se trata de afirmar que todo suicídio decorre de uma doença mental. Mas, por estar presente na maioria dos casos, um transtorno mental é um elemento quase obrigatório, ainda que insuficiente, para o suicídio. Isso ocorre por diversas razões: a doença difi-

Figura 1. Resultados de um estudo populacional feito em Campinas (SP) a partir de atendimentos em prontos-socorros



culta a adaptação à sociedade; leva à estigmatização; diminui a adaptação funcional e a qualidade de vida; frequentemente provoca instabilidade de humor e sentimentos dolorosos, como ansiedade, raiva e frustração; representa um ônus emocional e financeiro para o indivíduo e sua família; predispõe a vários estresses situacionais. Diagnóstico tardio, carência de serviços de atenção à saúde mental e inadequação do tratamento agravam a evolução da doença e, em consequência, o risco de suicídio.

Uma tentativa de suicídio aumenta a probabilidade de futuro suicídio. O ato é ambivalente em sua natureza: além de um grau variável de intenção letal, ele representa uma comunicação, como, por exemplo, um pedido de socorro, motivado pelo desejo de ser resgatado de uma situação insuportável. Por isso, ameaças e tentativas de suicídio – mesmo aquelas que parecem calculadas para não resultarem em morte – devem ser encaradas com seriedade, como um sinal de alerta a indicar sofrimento psíquico e atuação de fenômenos psicossociais complexos.

Durante a adolescência, várias circunstâncias podem desencadear tentativas de suicídio. Os adolescentes são mais propensos ao imediatismo e à impulsividade. Ainda não têm plena maturidade emocional e, dessa forma, encontram maior dificuldade para lidar com estresses agudos, como término de relacionamentos, situações de vergonha ou humilhação, rejeição pelo grupo social, fracasso escolar e perda de um ente querido.

Perfeccionismo e autocrítica exacerbada, problemas na identidade sexual e nos relacionamentos interpessoais, discussões frequentes com os pais, autoridades ou colegas, isolamento social, bem como *bullying* (face a face ou pela internet) são fatores de risco revelados em várias pesquisas com adolescentes.

O suicídio de colegas, ou de personalidades cultuadas pode se constituir em modelo de comportamento a ser seguido. Nesses casos, fala-se do caráter contagioso – ou de imitação – de certos suicídios.

Sinais de alerta Os sinais listados abaixo alertam sobre o risco de suicídio em adolescentes. Também sinalizam a possível existência de transtornos mentais que se iniciam na adolescência ou nos primeiros anos da vida adulta, como a esquizofrenia, a depressão, o uso de drogas e o transtorno afetivo bipolar.

- Mudanças marcantes na personalidade ou nos hábitos
- Comportamento ansioso, agitado ou deprimido
- Piora do desempenho na escola, no trabalho e em outras atividades rotineiras
- Afastamento da família e de amigos
- Perda de interesse em atividades de que gostava
- Descuido com a aparência
- Perda ou ganho inusitado de peso
- Mudança no padrão comum de sono
- Comentários autodepreciativos persistentes
- Pessimismo em relação ao futuro, desesperança
- Disforia marcante (combinação de tristeza, irritabilidade e acessos de raiva)
- Comentários sobre morte, sobre pessoas falecidas e interesse por essa temática
- Doação de pertences que valorizava
- Expressão clara ou velada de querer morrer ou de pôr fim à vida

De modo simplificado, podemos dizer que três passos devem ser dados com o intuito de

>>>

CRENÇAS ERRÔNEAS EM RELAÇÃO AO SUICÍDIO

Se eu perguntar sobre suicídio, poderei induzir uma pessoa a isso

Questionar sobre ideias de suicídio, fazendo-o de modo sensato e franco, fortalece o vínculo com uma pessoa, que se sente acolhida e respeitada por alguém que se interessa pela extensão de seu sofrimento.

Ele/a está ameaçando o suicídio apenas para manipular...

Muitas pessoas que se matam dão previamente sinais verbais ou não verbais de sua intenção para amigos, familiares ou médicos. Ainda que em alguns casos possa haver um componente manipulativo, não se pode deixar de considerar a existência do risco de suicídio.

Quem quer se matar, se mata mesmo

Essa ideia pode conduzir ao imobilismo. Ao contrário disso, as pessoas que pensam em suicídio frequentemente estão ambivalentes entre viver ou morrer. Quando falamos em prevenção, não se trata de evitar todos os suicídios, mas sim os que podem ser evitados.

Veja se da próxima vez você se mata mesmo!

O comportamento suicida exerce um impacto emocional sobre nós, desencadeia sentimentos de franca hostilidade e rejeição. Isso nos impede de tomar a tentativa de suicídio como um marco a partir do qual podem se mobilizar forças para uma mudança de vida.

Uma vez suicida, sempre suicida!

A elevação do risco de suicídio costuma ser passageira e relacionada a algumas condições de vida. Embora a ideia suicida possa retornar em outros momentos, ela não é permanente. Pessoas que já tentaram o suicídio podem viver, e bem, uma longa vida.

se prevenir um suicídio (é importante memorizar o acrônimo **ROC**):

RISCO. O primeiro passo é a própria suspeita do *risco* de uma pessoa vir a se matar. Parece óbvio, mas às vezes isso não nos vem à mente. Com sensibilidade, devemos perguntar sobre ideias de morrer, de se matar...

OUVIR. O segundo passo é *ouvir* com atenção e respeito, sem julgar, recriar nem se apressar em preleções morais ou religiosas. Para que essa aproximação aconteça, alguns preconceitos em relação ao suicídio precisam ser desfeitos (ver 'Crenças errôneas em relação ao suicídio').

CONDUZIR. O terceiro passo é *conduzir* a pessoa até um profissional de saúde mental, ou seja, não ficar paralisado. Para quem se encontra fragilizado e sem esperança, a iniciativa de buscar ajuda geralmente não se dá espontaneamente.

Prevenção é possível Ainda que não seja tarefa fácil, a prevenção do suicídio é possível. Há vários exemplos de estratégias exitosas, entre as quais: a conscientização da população (e aqui a mídia tem papel importante), a restrição de acesso a meios letais, a disponibilidade de serviços de atendimento de crises, o treinamento de profissionais de saúde para detectar e tratar adequadamente transtornos mentais, bem como a atenção dedicada às pessoas que tentam o suicídio.

Não podemos silenciar sobre a magnitude e o impacto do suicídio em nossa sociedade. Não todas, mas considerável porção de mortes pode ser evitada. 

Sugestões para leitura

ALVAREZ, A. *O deus selvagem*.

São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

BERTOLETE, J.M. *O suicídio e sua prevenção*.

São Paulo: Editora Unesp, 2012.

BOTEGA, N.J. *Crise suicida: avaliação e manejo*.

Porto Alegre: Artmed, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Preventing suicide: a global imperative*. Geneve: WHO; 2014. Acessível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/131056/1/9789241564779_eng.pdf

SIRIUS: LUZ DE QUARTA GERAÇÃO PARA O BRASIL

O SIRIUS SERÁ A MAIOR e mais complexa infraestrutura científica já construída no Brasil. Foi planejado para pôr o país na liderança mundial no campo da pesquisa científica com o uso de um tipo especial de radiação: a luz síncrotron. Será um dos primeiros equipamentos de seu gênero de quarta geração do mundo.

O Sirius será composto por um acelerador de elétrons com energia de 3 GeV (gigaelétrons-volts), no qual essas partículas, viajando quase à velocidade da luz (cerca de 300 mil km/s), emitem raios X (luz síncrotron) extremamente energéticos, ao serem forçadas, por ímãs superpotentes, a se manterem em trajetória circular. Esse equipamento terá 518,4 m de circunferência e comportará até 40 linhas de luz. Sua luz síncrotron terá o maior brilho entre todos os equipamentos na sua classe de energia.

Uma fonte de luz síncrotron é como um 'microscópio' gigante e potente com o qual se podem observar detalhes ínfimos (estrutura atômica, por exemplo) de praticamente todos os materiais. Esse 'diagnóstico da matéria' faz desse equipamento uma ferramenta de extrema utilidade para vários campos do conhecimento.

Esses parâmetros permitirão ao Sirius melhorar muito as características de experimentos feitos na atual fonte de luz brasileira, de segunda geração, inaugurada em 1997 e instalada no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em Campinas (SP). Usada anualmente por cerca de 1,2 mil pesquisadores do Brasil e do exterior, essa fonte de luz síncrotron foi a primeira do hemisfério Sul — e é ainda hoje a única da América Latina.

Aberto para toda a comunidade científica, o Sirius permitirá estudos sem precedentes via imagens tomográficas, com resolução nanométrica de diferentes tipos de materiais, orgânicos e inorgânicos, beneficiando praticamente todas as áreas do conhecimento, como medicina, agricultura, meio ambiente, biotecnologia, nanotecnologia, química, física,

engenharia, geociências, catálise, paleontologia, entre várias outras.

O Sirius é um projeto 100% brasileiro, construído em sua maior parte com tecnologia brasileira, envolvendo várias empresas do país no desenvolvimento de seus sofisticados componentes. É reconhecido internacionalmente como um dos síncrotrons mais avançados do mundo.

De alta complexidade, sua construção apresenta desafios em várias áreas, desde complicados cálculos matemáticos para a definição das características dos aceleradores até o projeto de diferentes componentes mecânicos e eletrônicos com requisitos restritos de tolerância e fabricação. Isso inclui a construção de seu prédio, uma das obras civis mais sofisticadas já feitas no Brasil, que exigirá alta estabilidade com relação a vibrações mecânicas e variações de temperatura.

Seu cronograma prevê sua inauguração em 2018, quando deverão estar concluídos o prédio principal, os aceleradores, bem como as primeiras linhas de luz e as respectivas estações de trabalho. É um projeto estruturante para o Brasil, com impacto altamente positivo na formação de recursos humanos; no desenvolvimento da ciência e tecnologia (C&T) nacionais; na inserção internacional do país no campo científico; e — por que não? —, no orgulho de cada brasileiro, pelo fato de o país projetar e construir um equipamento tão importante e sofisticado.

Tudo isso demonstra que investimentos constantes em C&T — como os feitos, nos últimos 30 anos, pelos órgãos federais, no LNLS — permitem que o Brasil atinja patamares mais altos de competitividade, preparando o país para os futuros

desafios científicos, sociais e econômicos que teremos de enfrentar nas próximas décadas. **CI**



FOTO DICIANO RODRIGUES

O Sirius é um projeto 100% brasileiro, construído em sua maior parte com tecnologia brasileira, envolvendo várias empresas do país no desenvolvimento de seus sofisticados componentes

ANTONIO JOSÉ ROQUE DA SILVA | Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, Campinas (SP)

Poderoso pigmento

SUBSTÂNCIA QUE DÁ COR AO CURRY INIBE CRESCIMENTO DE TUMORES EM ANIMAIS

Usado há séculos como tempero e estimulante aromático, o *curry* – mistura de especiarias como açafrão-da-terra, cardamomo, coentro, gengibre, cominho, noz-moscada, cravinho, pimenta e canela – reserva entre seus ingredientes um poderoso pigmento: a curcumina. Esse corante natural para alimentos, que vem sendo estudado por suas propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, mostrou-se eficaz em um novo quesito. Pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) verificaram que a curcumina foi capaz de inibir o crescimento de tumores cerebrais (glioblastomas) em animais sem danificar as células saudáveis.

Os glioblastomas são os tumores de cérebro mais comuns, mais agressivos e difíceis de tratar. Atualmente, recomenda-se aos pacientes a cirurgia e, quando possível, a radioterapia combinada com um quimioterápico (temozolomida), mas a sobrevida

média é de 15 meses. Portanto, qualquer terapia que prolongue a vida dessas pessoas é um alento.

“Nos últimos 50 anos, esse foi o tipo de câncer para o qual o tratamento menos evoluiu”, diz o bioquímico José Cláudio Fonseca Moreira, do Centro de Estudos em Estresse Oxidativo da UFRGS. “A pesquisa mostrou que os ratos tratados diariamente com curcumina tiveram o tamanho e a severidade dos tumores reduzidos significativamente”, completa. Segundo Moreira, o pigmento foi capaz de inibir o chamado fator de transcrição NF-κB, importante para a sobrevivência e resistência dos tumores.



Nanocápsulas de curcumina, pigmento presente no *curry*, conseguiram reduzir o crescimento de tumores cerebrais em animais, sem danificar as células saudáveis

Os resultados foram obtidos pelo seu então aluno de doutorado Alfeu Zanotto-Filho, hoje professor do Departamento de Farmacologia da Universidade Federal de Santa Catarina. “Nossos estudos e inúmeros trabalhos publicados por diversos grupos ao redor do mundo têm mostrado que a curcumina apresenta eficácia e um bom perfil de segurança nessas fases iniciais tanto em câncer quanto em outras doenças”, atesta Zanotto-Filho.

Apesar dos bons resultados com ratos, os testes em humanos devem demorar. A grande meta, segundo Zanotto-Filho, é transferir esses ensaios pré-clínicos para estudos clínicos em pacientes com diferentes cânceres. “Uma avaliação em humanos decente envolve uma logística e um aporte financeiro que os órgãos de fomento e a própria estrutura de pesquisa no Brasil não dão conta”, lamenta o pesquisador da UFSC.

“Estamos buscando parcerias com a indústria farmacêutica”, comenta Moreira. “Junto com os professores Ruy Beck e Silvia Guterres, da Faculdade de Farmácia da UFRGS, testamos nanocápsulas com núcleo de lipídio líquido, que funcionaram muito bem em modelos animais, permitindo a redução da dose e melhorando assim o aproveitamento pelo organismo (biodisponibilidade) da curcumina”, explica.

Enquanto não se produz uma droga à base de curcumina, a alternativa pode ser usar o tempero como prevenção ao desenvolvimento do câncer. “O pigmento é a raiz moída da planta *Curcuma longa*, popularmente conhecida como açafrão-da-terra, e populações que fazem uso contínuo desse tempero, como as da Índia e Tailândia, apresentam taxas menores de tumores de sistema gastrointestinal”, afirma Moreira.



FOTO: PIXABAY.COM / DOMINIO PÚBLICO

Amigo imaginário

A raiz quadrada de -1 tem uma história que pode ser dita complexa

Há um famoso personagem dos quadrinhos, um menino de seis anos, bastante criativo, cheio de energia e personalidade, que tem como amigo imaginário um tigre sábio e engraçado. Criado pelo cartunista norte-americano William Boyd Watterson II, em 1985, Calvin e Haroldo (no original, Calvin & Hobbes) transformaram-se rapidamente em um fenômeno editorial bastante premiado. Para a profunda consternação de um sem-número de fãs planetários, a última tirinha da dupla inusitada saiu em 3 de dezembro de 1995.

Entre as centenas de tirinhas já publicadas (www.calvinandhobbes.com), há uma que traz um diálogo impagável – e que nos interessa aqui:

Calvin: “Tenho aqui outro problema de matemática que não consigo resolver. Quanto é $9 + 4$?”.

Haroldo: “Hum... Essa é uma questão difícil. Você tem de utilizar

cálculos e números imaginários para resolver”.

Calvin, espantado: “Números imaginários?!”

Haroldo: “Você sabe, ‘dez-um’, trinta-doze e todas aquelas coisas. É um tanto confuso à primeira vista”.

Calvin, irritado: “Como você aprendeu tudo isto? Você nunca foi à escola?”

Haroldo, com ar de soberba: “Insultando. Tigres nascem com ele”.

Às vezes, a matemática é instintiva. Alguns até acreditam que ela nada mais é do que a extensão do bom senso. No entanto, é possível que nenhuma teoria matemática tenha tido um desenvolvimento tão desordenado, envolvido tantas pessoas e perpassado épocas das mais distintas como a dos chamados números imaginários (ou números complexos).

Exatamente por sua sinuosidade, essa história conta com tantas reviravoltas e tantos personagens.

FALSAS RAÍZES Esse enredo intrincado começa com uma pergunta relativamente simples: números negativos teriam raiz quadrada?

Talvez, o primeiro a se questionar sobre isso tenha sido o matemático, médico e astrólogo italiano Gerolamo Cardano (1501-1576). Em seu livro *A grande arte: ou as regras da álgebra* (1545), ele se fez a seguinte pergunta: $x^2 + 1 = 0$? Em seguida, comentou: “[...] que quantidades verdadeiras aparecerão para representar essa maravilha fascinante?”

Há evidências de que Cardano tenha sido o primeiro a resolver a equação $x(10 - x) = 40$. Ao encontrar suas soluções (capítulo 37 de seu livro), concluiu com as observações “tão sutil quanto inútil” e “tortura mental”.

Ao que parece, o termo ‘imaginário’ foi cunhado pelo filósofo e matemático francês René Descartes (1596-1650), em uma nota de rodapé de uma edição revisada do anexo ‘A geometria’, da grande obra *Discurso sobre o método* (1637): “[...] às vezes, somente imaginário, isto é, alguém pode imaginar o tanto quanto quiser em cada equação [...], mas, às vezes, inexistente essa quantidade, que resulta no que imaginamos”.



Figura 1. René Descartes (esquerda) e Carl Gauss, que deram contribuições importantes para o desenvolvimento da teoria dos números imaginários

Descartes também usou o termo “falsas raízes” para identificar situações como aquelas descritas por Cardano.

FIGURAS GEOMÉTRICAS O matemático inglês John Wallis (1616-1703) – professor do célebre matemático e físico inglês Isaac Newton (1642-1727) – discutiu no capítulo 66 de seu livro *Um tratado de álgebra* (1685) a natureza de quadrados negativos: “essas quantidades imaginárias (como são comumente definidas) que surgem de supostas raízes quadradas de números negativos (quando ocorrem) são reputadas como impossíveis”.

Jean-Robert Argand (1768-1822) foi um bibliotecário e matemático amador suíço que estendeu as ideias de Wallis e as publicou em seu trabalho *Ensaio sobre uma maneira de representar quantidades imaginárias em construções geométricas* (1806).

Já Caspar Wessel (1745-1818), cartógrafo e matemático dinamarquês, apresentou, de modo independente dos demais, em 1799, perante a Academia Real Dinamarquesa de Ciências e Letras, uma pesquisa sobre números imaginários: *Sobre a representação analítica da direção*. Essa obra – posteriormente, traduzida para o inglês e francês – ajudou a consolidar a ideia de que números imaginários poderiam ser dispostos em um plano e, assim, representar figuras geométricas.

NÚMERO COMPLEXO Foi o polímata alemão Carl Friedrich Gauss (1777-1855) – na figura 1, juntamente com Descartes – quem conseguiu simplificar, desenvolver e unificar as ideias até então esparsas sobre números imaginários, estendendo-as para algo que não tem nada de complica-

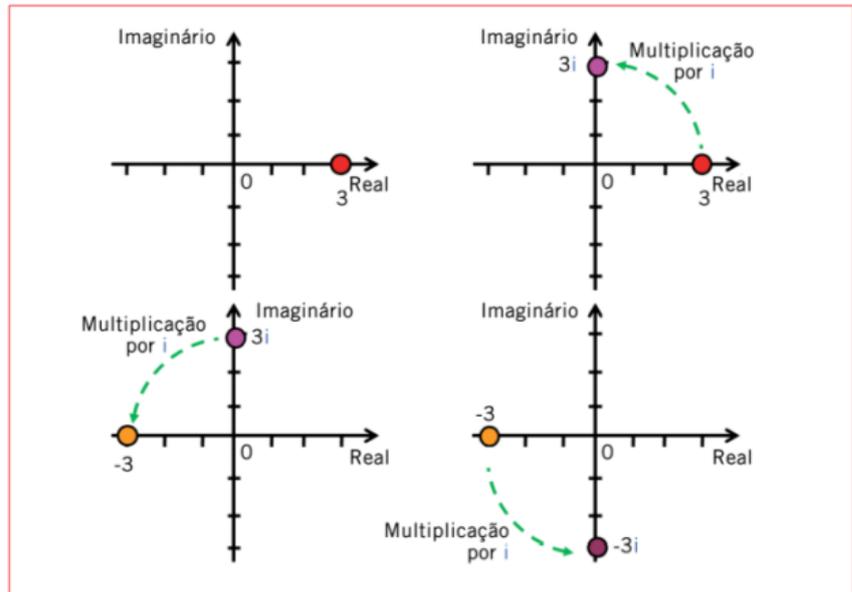


Figura 2. Multiplicação do número real 3 pelo número imaginário i , e as consequentes rotações de 90° no sentido anti-horário causadas por esse processo

do. Gauss definiu um novo número – este, sim, bastante especial – chamado ‘complexo’.

Essa recém-criada entidade matemática consistia na soma de duas partes: uma componente real (x) e outra imaginária (yi). Portanto, um número complexo teria a forma $x + yi$, com ‘ i ’ representando a raiz quadrada de -1 ($i = \sqrt{-1}$).

A representação gráfica dos números complexos se dá da seguinte maneira: a parte real (x) situa-se no eixo horizontal, e a parte imaginária (yi) em um eixo vertical.

Gauss percebeu que a multiplicação de um número real por i implica uma rotação de 90° no sentido anti-horário, como mostra a figura 2. Vejamos. Considere um número real (3, por exemplo), situado na parte positiva do eixo horizontal. Ao ser multiplicado por i , obtemos o número imaginário $3i$, que se encontra na parte positiva de seu eixo, o vertical.

Agora, se multiplicarmos $3i$ por i , teremos -3 , posicionado na parte negativa do eixo horizontal. Ao multiplicarmos -3 por i , obteremos $-3i$.

E, por fim, o produto de $-3i$ por i , nos leva de volta ao início (figura 2).

Ainda assim – com tantos séculos e personagens, tantas interpretações e histórias –, é uma pena que a concepção de números imaginários continue a causar espanto igualmente em adultos e crianças – e mesmo que uma delas seja uma criança imaginária e cheia de imaginação, como Calvin.

Pode-se afirmar, sem medo de errar, que toda criança gostaria de ser como Calvin e ter um amigo imaginário. Quem sabe essa não seria a nossa chance de aprender a lidar com números tão interessantes e – como a escola deveria nos ensinar – ver a matemática como uma grande diversão?

MARCIO LUIS FERREIRA NASCIMENTO

Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica, e Instituto de Humanidades, Artes e Ciências, Universidade Federal da Bahia

Crise e retrocessos na legislação ambiental

RAFAEL M. ALMEIDA

Programa de Pós-graduação em Ecologia,
Universidade Federal de Juiz de Fora

RAFFAEL M. TÓFOLI

Programa de Pós-graduação em
Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais,
Universidade Estadual de Maringá

HANI ROCHA EL BIZRI

Programa de Pós-graduação em Saúde
e Produção Animal na Amazônia,
Universidade Federal Rural da Amazônia

Retrocessos na legislação podem causar uma destruição em massa e sem precedentes na Amazônia brasileira.

A imagem mostra uma embarcação transportando madeira no rio Madeira, em Rondônia

A revista *Science* publicou recentemente três cartas assinadas por diferentes grupos de pesquisadores brasileiros, cada uma delas liderada por um dos autores deste texto. Em meio ao caos político e econômico atual, muitas políticas ambientais equivocadas vêm sendo aceleradas para aprovação, com baixa repercussão na mídia e sem o conhecimento da população. As conclusões das cartas são convergentes: retrocessos na legislação ambiental colocam em perigo os recursos naturais brasileiros, o que certamente terá efeitos sociais e ambientais altamente deletérios.

FLEXIBILIZAÇÃO DE POLÍTICAS A primeira carta, de Hani El Bizri e colaboradores, demonstra que, apesar da grande tragédia socioambiental resultante do rompimento das barragens de rejeitos de minério de ferro em Mariana (MG), em novembro de 2015, não há previsões de políticas mais restritivas para as atividades de mineração. Pelo contrário, as políticas em pauta acentuam as chances de que novos incidentes dessa magnitude ocorram no país.

Por exemplo, o Projeto de Lei (PL) 37/2011, que prevê a criação da Agência Nacional da Minera-

ção, busca dar maior autonomia ao setor, uma vez que a agência poderá definir as áreas passíveis de mineração e agilizar os processos minerários. Já o PL 1.610/1996 prevê a autorização para atividades de mineração em terras indígenas. Terras indígenas ocupam um quinto da Amazônia brasileira e, além de assegurarem o direito territorial, o bem-estar e a cultura de 98% dos indígenas do país, constituem uma das principais barreiras contra o desmatamento no bioma.

Atualmente, existem 4.181 pedidos de concessão minerária para atuar em 177 terras indígenas no país, e a aprovação desse PL poderá abrir espaço para início das operações, gerando inúmeros impactos socioambientais, especialmente na Amazônia.

É feita uma crítica também à Proposta de Emenda Constitucional (PEC) 65/2012, que derruba o licenciamento ambiental. A simples apresentação de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) implicaria a emissão de licença operacional, que não poderia ser suspensa ou cancelada. Na prática, isso significa que, no futuro, tragédias similares à de Mariana não poderão ser evitadas pelos órgãos ambientais,

FOTO: RAFAEL ALMEIDA



que passariam a ter uma função meramente remediativa, e não preventiva.

ENFRAQUECIMENTO A PEC 65/2012 é abordada também na segunda carta, de Rafael M. Almeida e colaboradores, que mostra por que abolir o licenciamento ambiental pode causar uma destruição de grandes proporções na Amazônia. Mais de 300 hidrelétricas já foram inventariadas ou estão planejadas naquele bioma, sendo metade delas na parte brasileira. Além disso, uma área duas vezes maior que a de Minas Gerais já foi registrada como de potencial interesse para atividades de mineração na Amazônia brasileira. Contudo, existem várias restrições ambientais para a construção desses projetos, pois muitos deles estão dentro de unidades de conservação e territórios indígenas. A aprovação da PEC pode abrir caminho para ignorar essas restrições ambientais.

O Ministério de Minas e Energia projeta a construção de 12 usinas hidrelétricas de grande porte na Amazônia até 2024, representando mais de 90% da expansão da capacidade instalada de hidrelétricas prevista para o período. Aprovar a PEC 65/2012 significa construir todas essas hidrelétricas – algumas delas tão ou mais controversas do que Belo Monte – sem qualquer cuidado com os impactos ambientais.

Os projetos de infraestrutura associados, como rodovias e linhas de transmissão, também seriam construídos menosprezando as consequências na maior floresta tropical do planeta. A implantação de projetos de infraestrutura na Amazônia deve considerar não apenas os impactos locais dos projetos individualmente, mas também os efeitos sinérgicos da expansão energética, minerária, agrícola e rodoviária no contexto de toda a bacia hidrográfica.

AMEAÇA À BIODIVERSIDADE A terceira carta, de Raffael M. Tófoli e colaboradores, critica a lei recém-sancionada no estado do Amazonas (Lei

4.330/2016), que permite a criação de peixes não nativos e geneticamente modificados em rios do estado, assim como a barragem de riachos (conhecidos como igarapés) para esse propósito, mesmo em Áreas de Preservação Permanente (APP). A lei foi sancionada sem consulta ao governo federal, às agências ambientais ou à população. O Ministério do Meio Ambiente manifestou-se contrário à lei e exerceu forte pressão para a sua revogação. A justificativa para sua revogação é que ela foi aprovada à revelia de leis federais preexistentes, as quais proibem (Lei 5.197/67) e criminalizam (Lei 9.605/98) a introdução de espécies no Brasil.

A aquicultura é uma das maiores causas de introdução de espécies no Brasil e no mundo devido ao escape recorrente de indivíduos. Como agravante, as espécies introduzidas representam uma das maiores ameaças à biodiversidade e comprometem seriamente a conservação dos peixes de água doce. Quanto às espécies geneticamente modificadas, pouco se sabe sobre seus potenciais efeitos. A bacia amazônica detém a maior riqueza de peixes de água doce do mundo e até hoje tem resistido à introdução de peixes não nativos. Nesse contexto, a aprovação de mecanismos facilitadores da introdução de espécies na bacia amazônica é inaceitável, além de desnecessária. A aquicultura com espécies nativas de peixes é uma solução altamente viável, com potencial de geração de benefícios socioeconômicos e, em especial, não coloca a fauna nativa em risco.

Felizmente, a pressão exercida para a revogação da lei surtiu efeito. Isso aconteceu sobretudo porque o

Os prejuízos decorrentes das

irresponsabilidades humanas frente aos recursos

naturais estão cada vez mais evidentes

governador do Amazonas teve sua decisão questionada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) ao pleitear um empréstimo de US\$ 350 milhões. A oposição do BID foi um fator-chave para a revogação, e isso mostra que os grandes agentes financiadores têm papel importante para que retrocessos ambientais sejam freados.

NOVOS CAMINHOS Nos últimos anos, o Brasil tem perdido seu papel de liderança ambiental no cenário mundial. Há outras políticas, além das abordadas na *Science*, que reforçam essa tendência, como o polêmico Novo Código Florestal. Na contramão de todas as políticas ambientais retrógradas em pauta, a PEC 153/2015 acerta ao propor, como dever do poder público, o fomento a práticas sustentáveis na execução de planos, projetos e atividades como a contratação de serviços e obras. Essa PEC defende que órgãos ou entidades públicos, ao incorporar critérios de sustentabilidade em seus planos de ação, ajudam a viabilizar avanços tecnológicos e econômicos voltados à questão ambiental.

Os prejuízos decorrentes das irresponsabilidades humanas frente aos recursos naturais estão cada vez mais evidentes. Mudanças climáticas, secas duradouras, crises hídricas e extinção em massa de espécies são alguns dos eventos cada vez mais frequentes. As leis ambientais não podem ser encaradas como barreira ao progresso. Pelo contrário, a conservação da natureza é o pilar fundamental para a sustentação das atividades econômicas e sociais e, como tal, deve ser um alvo elementar para a subsistência das gerações futuras. 



UM MATEMÁTICO INTUITIVO

Tratamento sóbrio faz de *O homem que viu o infinito* um filme instrutivo, realista e instigante

O MATEMÁTICO POLONÊS MARK KAC (1914-1984) dizia que há dois tipos de gênios: os ordinários e os mágicos. Um gênio ordinário é alguém que é como uma pessoa comum, mas muitas vezes melhor: é possível entender o processo de criação e o trabalho deles. Fica quase a impressão de que qualquer um de nós poderia ter feito o que eles fizeram, se fossemos muito melhores. Já os gênios mágicos são aqueles que nos deixam perplexos e, mesmo depois de entendermos seus resultados, não conseguimos entender o processo mental deles.

O cinema adora gênios mágicos, o que frequentemente leva a exageros na tela grande.

Mas gênios mágicos existem, sim, e o matemático indiano Srinivasa Ramanujan (1887-1920) certamente foi um de seus representantes mais fascinantes. Sua história já tinha sido contada na excelente biografia *The man who knew infinity* (*O homem que conheceu o infinito*, em tradução livre), de Robert Kanigel, e foi levada para o cinema em 2015, com direção e roteiro de Matt Brown, e apresentada agora ao público brasileiro.

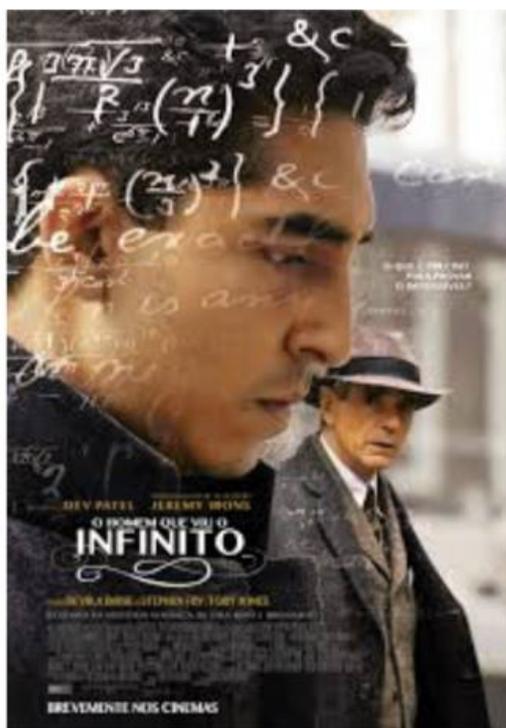
Curiosamente, ao contrário do que poderia se esperar de uma indústria fascinada com a ideia do gênio mágico e indomável, *O homem que viu o infinito* – como foi traduzido para o português – é surpreendentemente sóbrio. O tratamento dado ao personagem principal tem pequenas modificações, compreensíveis para uma adaptação cinematográfica.

Um exemplo ilustra bem esse ponto: em 1909, Ramanujan, aos 21 anos, casou-se com Srimathi Janaki, de apenas nove anos de idade. Ela permaneceu por mais três anos na casa de sua mãe, até atingir a puberdade, para, então, passar a viver com sua mãe e Ra-

manujan. Algo que era comum nessa época e nesse lugar desviaria o foco da história de Ramanujan como matemático. No filme, portanto, ela tem aproximadamente a mesma idade dele.

PRECOCE E TALENTOSO O talento de Ramanujan foi reconhecido muito cedo e ele se encontrou com a matemática formal aos 10 anos de idade. Aos 11, já tinha um domínio de nível universitário e, aos 13, já descobria resultados avançados em trigonometria. O interesse de Ramanujan, porém, era quase integralmente em matemática, o que fez com que sua vida acadêmica tivesse algumas complicações, como a perda de uma bolsa de estudos na universidade, devido a seu mau desempenho em disciplinas não matemáticas.

Aos 16 anos, Ramanujan obteve uma cópia do livro, *A synopsis of elementary results in pure and applied mathematics* (Uma coleção de resultados elementares em matemática pura e aplicada) do matemático britânico G. S. Carr (1837-1914), uma série de resultados matemáticos que estudou meticulosamente e que teve uma profunda influência em sua maneira de fazer matemática.



Profundamente religioso, Ramanujan acreditava que sua capacidade matemática provinha de algo realmente divino, “uma equação para mim não tem significado, a menos que represente um pensamento de Deus”.

Em linhas gerais, a trajetória de Ramanujan é contada de maneira correta, especialmente o encontro com seu mentor matemático, G. H. Hardy (1877-1947). Ramanujan escreveu cartas a dois matemáticos em Cambridge, H. F. Baker (1866-1956) e E. W. Hobson (1856-1933), relatando alguns de seus resultados. As cartas voltaram sem comentários. Mais tarde, Hardy escreveu que, inicialmente, pensou tratar-se de uma fraude, mas depois percebeu que, na verdade, os resultados faziam sentido: “Seus teoremas me derrotaram, nunca tinha visto nada como aquilo antes”. De maneira humilde, Hardy reconheceu que os teoremas “tinham que ser verdadeiros, pois se não fossem, ninguém teria a imaginação para inventá-los”. Seu colaborador de longa data, J. E. Littlewood (1885-1977), concordou que eram os resultados de um talento matemático de primeira grandeza.

ENCONTRO VIRTUOSO O relacionamento com Hardy, aliás, é um dos episódios mais curiosos da história da matemática. Se, por um lado, Ramanujan era um matemático intuitivo, cujos resultados eram misteriosos até para ele mesmo, Hardy foi responsável

por modernizar a matemática na Inglaterra.

Até o início do século 20, existia uma distância muito grande entre o tipo de matemática que se fazia na Europa, especialmente na França e na Alemanha, e aquela feita na Inglaterra, onde se praticava mais a chamada matemática aplicada, como a que estuda a dinâmica dos fluidos, do que a dita matemática pura – a matemática como fim em si. Hardy modernizou o currículo inglês, o que, de certa forma, foi o primeiro passo para colocar a Inglaterra na fronteira do conhecimento matemático – basta ver a qualidade dos trabalhos produzidos desde então naquele país e a quantidade de ganhadores da medalha Fields com nacionalidade inglesa ou que trabalham na Inglaterra.

O encontro entre Hardy e Ramanujan, aliás, é tratado de forma atípica para o cinema. Em primeiro lugar, valoriza o trabalho e a importância das demonstrações. Não basta ter apenas a intuição da verdade. Em matemática, devemos mostrar de forma convincente por que nossa intuição é correta. E há um caminho longo a ser percorrido até se chegar a esse ponto. Ou seja, o filme mostra o valor do trabalho.

Um segundo aspecto que surpreende é mostrar que pessoas como Ramanujan também erram. Em uma narrativa simplória, o gênio que erra é a prova de que, de fato, a genialidade era uma ilusão. Não neste caso. O

erro mostra que até alguém com o talento notável de Ramanujan tem que seguir o árduo caminho do trabalho.

Esse encontro entre Hardy e Ramanujan, que Hardy, celibatário, descreveu como sendo “o único acontecimento romântico da minha vida”, apesar de breve, mostra a importância da colaboração e do trabalho formal. Durou pouco menos de cinco anos, mas rendeu frutos preciosos para a teoria de números, e transformou Ramanujan em um matemático real e de importância histórica. Mérito tanto de Ramanujan quanto de Hardy.

Por tratar a história notável de Ramanujan com sobriedade, certamente consequência de ter dois excelentes matemáticos como consultores – o nipo-americano Ken Ono e o canadense-americano Manjul Bhargava, este último ganhador da medalha Fields –, temos uma narrativa mais realista e talvez menos impressionante do que a típica história de genialidade hollywoodiana. Mas, neste caso, o filme acertou em cheio: a mágica do cinema mostrou de forma sóbria que gênios mágicos também são humanos.

Marco Moriconi

*Instituto de Física,
Universidade Federal Fluminense*

O PROGRAMA DE RIEMANN

Matemático alemão, morto há 150 anos, lançou as bases de uma nova geometria, na qual o espaço é curvo e pode conter mais do que três dimensões

ALBERTO SAA

Instituto de Matemática, Estatística e
Computação Científica, Universidade
Estadual de Campinas (SP)

Este ano marca o sesquicentenário da morte de Georg Friedrich Bernhard Riemann, matemático alemão de enorme importância, que em sua curta vida produziu trabalhos que viriam a revolucionar a matemática e também a física.

Bernhard Riemann foi o segundo dos seis filhos de Friedrich, pastor luterano de família humilde, e de Charlotte Ebell, filha de um conselheiro (*Hofrat*) do reino de Hanôver. Nasceu em 17 de setembro de 1826, no vilarejo de Breselenz, próximo a Dannenberg, região pouco povoada à margem sul do rio Elba, no reino de Hanôver, à época regido por George IV (1762-1830), então 'rei do Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda e de Hanôver'.

Riemann demonstrara precocemente enorme capacidade intelectual, notadamente grande habilidade de matemática. Antes de completar 14 anos de idade, deixou sua casa, para prosseguir seus estudos, sempre com o apoio irrestrito de sua família, com quem manteve contato próximo por toda sua vida.

Ele frequentou ginásios em Hanôver e Luneburgo. Em 1846, ingressou na Universidade de Göttingen, inicialmente com a ideia de cursar teologia e, talvez, tornar-se pastor, como seu pai. Contudo, conheceu, naquela cidade, aquele que viria a ser seu grande mentor e ins-

pirador na matemática: Carl Friedrich Gauss (1777-1855), que o convenceu a deixar a teologia e a se mudar para Berlim, para estudar com os grandes nomes dessa disciplina à época.

EMPREGO E FAMÍLIA Riemann regressou a Göttingen em 1849, como estudante de Gauss, obtendo seu doutorado em 1851, com uma tese que fundaria a análise complexa moderna, ramo da matemática que estuda tipos especiais de funções, chamadas holomorfas.

Em 1854, obteve sua 'habilitação', título acadêmico comum nas universidades alemãs – de fato, existente até hoje – e que permitia, basicamente, que seu detentor atuasse como um *Privatdozent*, ou seja, professor autorizado a ministrar aulas na universidade, mas sem direito a salário, cobrando diretamente dos estudantes.

No caso de Riemann, a remuneração recebida era ínfima. Em 1857, assumiu, na Universidade de Göttingen, uma posição de professor (agora, com salário) e, dois anos de-

pois, sucedeu, como chefe do Departamento de Matemática, a Peter Dirichlet (1805-1859), que morreu nesse mesmo ano.

Em 1862, casou-se com Elise Koch, amiga de suas irmãs. Nessa mesma época, sua tuberculose já se manifestava, e o casal passava longas temporadas na Itália, em busca de melhor clima. Lá, nasceu Ida, sua única filha.

Sua saúde nunca se reestabeleceu completamente, e Riemann morreu em 20 de julho de 1866, antes de completar 40 anos de idade, nas margens do lago Maggiore, ao sul dos Alpes italianos, na mesma época em que seu reino natal de Hanôver era derrotado na guerra austro-prussiana, conflito que daria origem à unificação alemã.

O QUINTO POSTULADO A produção científica de Riemann foi extensa considerando-se sua breve vida. Foi também de profundidade ímpar, moldando, de certa forma, várias áreas da matemática moderna e, como veremos, fornecendo alguns dos pilares fundamentais da física.

Exemplo dessa rica produção intelectual é sua 'aula inaugural' para a obtenção da 'habilitação', intitulada 'Sobre as hipóteses nas quais a geometria se fundamenta', publicada só dois anos após sua morte. Trata-se, de fato, de um programa de estudos, a partir do qual se fundou a chamada geometria riemanniana, uma das bases para a teoria da gravitação do físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), a chamada teoria da relatividade geral.

Para podermos compreender as ideias de Riemann sobre a geome-

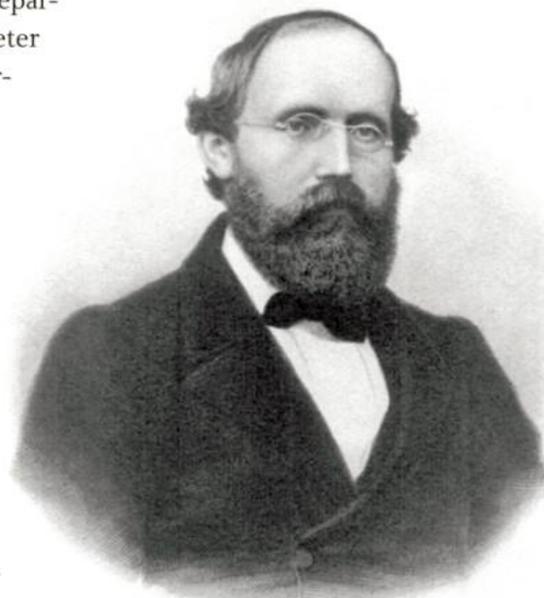


Figura 1. Riemann, em seu período como professor em Göttingen

tria, é necessário revisitar fatos da geometria euclidiana.

Sem dúvida, uma das grandes conquistas intelectuais da humanidade, a milenar geometria euclidiana, compilada por Euclides de Alexandria, entre os séculos 4 e 3 a.C., baseia-se em cinco postulados. Os quatro primeiros são muito simples e dizem respeito, essencialmente, à existência de pontos, retas e círculos, bem como à noção de ângulo reto.

O quinto postulado – chamado postulado das paralelas – é intrinsecamente mais complicado e tem várias formulações diferentes. Por exemplo, em uma delas, pode ser descrito assim: a soma dos ângulos internos de qualquer triângulo será sempre 180° .

Nos mais de dois milênios de história da geometria euclidiana, foram inúmeras as tentativas fracassadas de se reduzir esse quinto postulado aos quatro primeiros. Essa situação só foi inteiramente esclarecida no início do século 19, quan-

do a independência do quinto postulado em relação aos quatro primeiros foi definitivamente estabelecida, de uma forma 'construtiva': exibindo-se exemplos explícitos nos quais eram válidos os quatro primeiros postulados, mas não o quinto.

Assim nasciam as chamadas geometrias não-euclidianas (figura 2), como consequência de situações nas quais valiam os quatro primeiros postulados da geometria, mas não o quinto.

PROGRAMA PRÓPRIO Em seu programa, Riemann propõe uma estratégia para determinar a geometria subjacente a partir de medições de distância entre pontos próximos (ditos locais). Também introduz a ideia de dimensões extras (além das três dimensões espaciais usuais), bem como a noção de quantidades geométricas intrínsecas, que não dependeriam de coordenadas ou de qualquer outra construção mental usada para a descrição de uma dada situação ou evento.

A ideia de que essas propriedades métricas (referentes a distâncias locais) podem determinar completamente a geometria em questão é o embrião das chamadas geometrias riemannianas. Seu programa de estudos termina citando, de maneira muito preliminar, possíveis aplicações à física – em particular, no que diz respeito a propriedades do espaço tridimensional usual no qual todos (e tudo!) se movem.

CONTRIBUIÇÃO

>>>

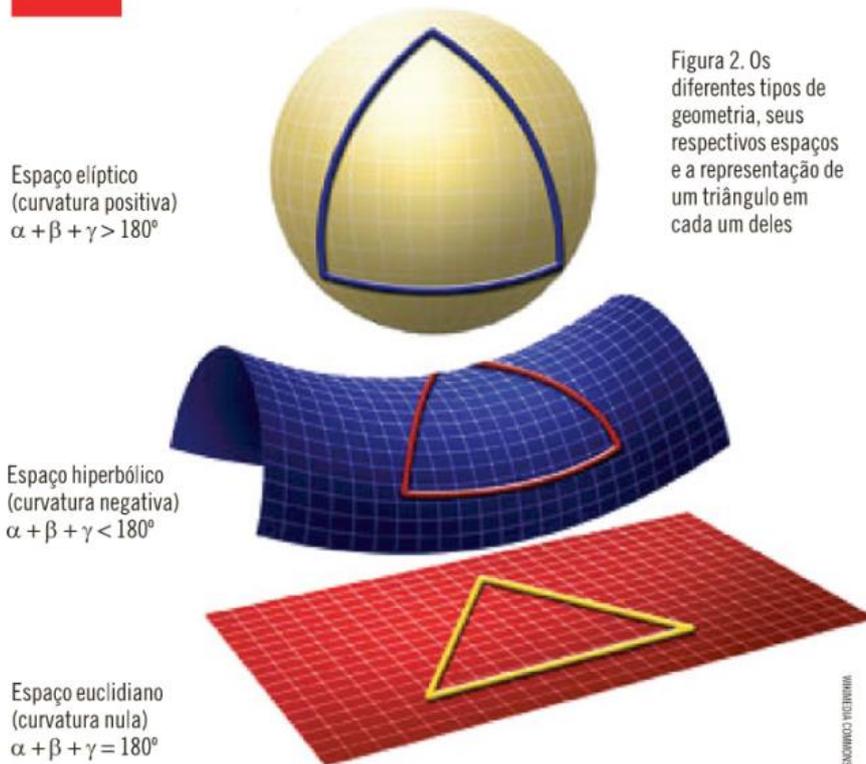


Figura 2. Os diferentes tipos de geometria, seus respectivos espaços e a representação de um triângulo em cada um deles

Aparentemente, o primeiro uso consistente desses conceitos na física se deu com o astrônomo e físico alemão Karl Schwarzschild (1873-1916), que – curiosamente, também como parte de seu exame de ‘habilitação’, na Universidade de Munique, em 1899 – demonstrou que os dados astronômicos disponíveis à época poderiam ser usados para determinar as propriedades geométricas do espaço tridimensional. Grosso modo, essas propriedades são determinadas pela quantidade denominada ‘curvatura’, e são três as possibilidades: espaços elípticos, hiperbólicos e euclidianos (figura 2).

Schwarzschild demonstrou que, se a geometria do espaço tivesse uma curvatura negativa – ou seja, caso o espaço fosse hiperbólico –, então, diferenças apreciáveis (por exemplo, em relação à soma dos ângulos internos de um triângulo) deveriam surgir em distâncias de cerca de 4 milhões de unidades astronômicas – cada unidade astronômica (u. a.) equivale à distância média entre o

Sol e a Terra, cerca de 150 milhões de km. Mas, se a curvatura fosse positiva (espaço elíptico), essas diferenças surgiriam com distâncias em torno a 100 milhões de u. a.

BREVE, MAS PROFÍCUA O triunfo definitivo das ideias riemannianas na física viria pelas mãos de Einstein em 1916, com a relatividade geral, na qual as quantidades métricas riemannianas que definem a geometria do espaço – de fato, do espaço-tempo, um uno indissociável das três dimensões espaciais e do tempo – passam a ser quantidades físicas sujeitas a leis universais e responsáveis pela descrição da mais débil – e ao mesmo tempo a mais presente – ‘força’ (interação) da natureza: a gravidade. Vale ressaltar que a relatividade geral até agora tem obtido absoluto sucesso experimental.

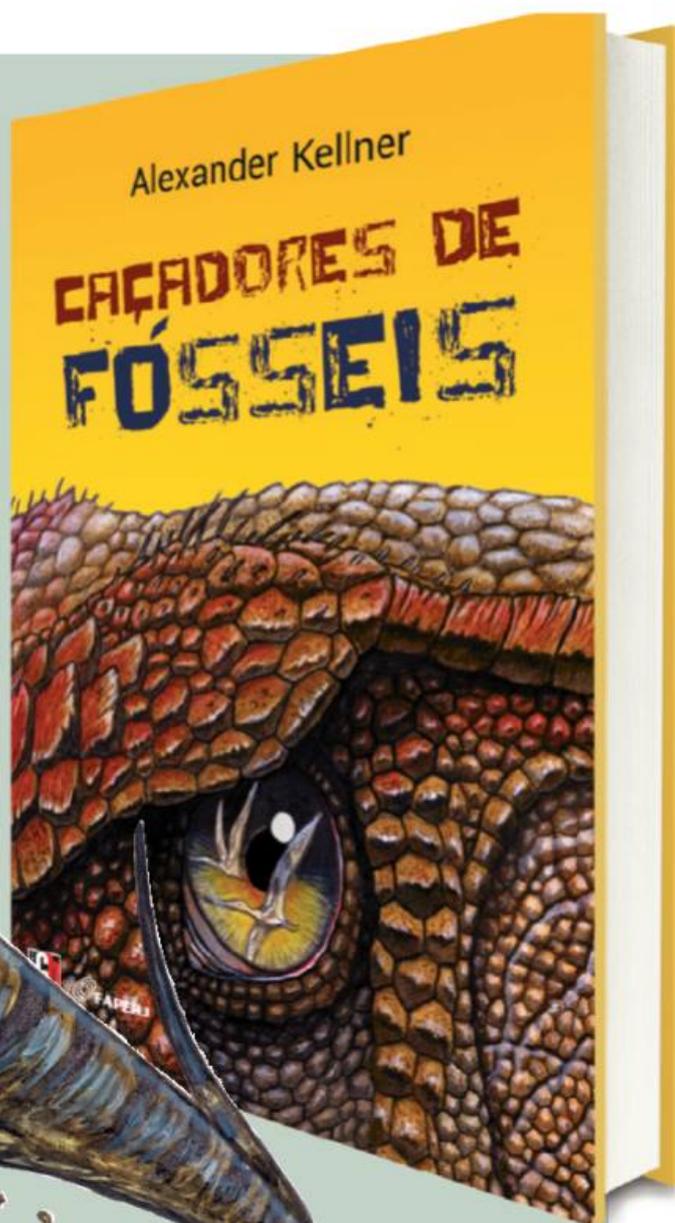
São raros os casos como o de Bernhard Riemann, em que uma vida tão breve deixa contribuições tão profícuas para várias áreas do conhecimento. 

O paleontólogo Alexander Kellner convida você para uma viagem ao passado da Terra, quando dinossauros, pterossauros, mamíferos gigantes e outras criaturas pré-históricas dominaram a paisagem.





O livro traz uma seleção de 50 textos sobre descobertas da paleontologia feitas nos últimos 10 anos.



MAURICIO ©
2015

VISITE NOSSA LOJA VIRTUAL E PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR
WWW.LOJAICH.ORG.BR OU LIGUE PARA: 0800 727 8999

UMA ANTROPOLOGIA DA 'DÍVIDA'

Dívida – Os primeiros 5.000 anos

David Graeber

São Paulo, Três Estrelas, 704 p., R\$ 99,90

Se pudéssemos usar uma paráfrase para definir o excepcional trabalho do antropólogo norte-americano David Graeber neste livro, recorreríamos à frase do antropólogo britânico E. E. Evans-Pritchard sobre a bruxaria entre os azandes: “Economia, como os economistas acreditam, evidentemente não existe”. O livro de Graeber é um soco na boca do estômago sobre crenças arraigadas que constituem a nossa visão sobre a economia e o dinheiro. O mérito do autor, aliás, consiste sobretudo no uso de referências históricas e de uma vasta bibliografia em economia e antropologia.

Mas o que Graeber diz exatamente que provoca tamanha inquietação? Referência intelectual dos movimentos antiglobalização econômica, sobretudo do movimento Occupy Wall Street (iniciado em 2011), o anarquista nova-iorquino de 55 anos, professor do Goldsmith College da Universidade de Londres, desenvolve um trabalho de fôlego ao investigar as raízes dos créditos e da dívida, encarando mitos poderosos da economia, presentes no senso comum e na teoria econômica desde a fundação da economia política como disciplina a partir

do britânico Adam Smith (1723-1790), passando pelas mais variadas vertentes do pensamento ao longo de séculos. Aliás, o poder dos mitos é constantemente questionado pelo autor ao longo das 700 páginas de *Dívida*.

Um dos pontos-chave dos argumentos desenvolvidos por Graeber é a discussão em torno da natureza do dinheiro. Classificado de diferentes formas no campo da economia, o dinheiro é uma mercadoria singular, porém, mais do que isso é também uma unidade de conta, uma espécie de termo de referência ou um indexador para o qual transferimos relações de crédito. Para o autor, o pilar que derruba um dos principais mitos da economia política clássica é a ideia de que a noção de escambo é muito pouco instrumental para pensar a natureza das trocas.

Tido como a base primordial da economia, dentro de uma visão evolutiva que iria das trocas diretas entre produtores autônomos para o dinheiro e daí para o crédito – e consequentemente as dívidas –, o escambo na verdade está longe de ser a base da economia. E, de fato, não há registro histórico de sociedade onde as trocas econômicas

tenham se desenvolvido dessa forma, senão na cabeça de filósofos liberais iluministas.

Graeber então sugere que, ao contrário, a ideia de escambo só pode existir onde há dinheiro e o dinheiro só é possível a partir de operações de crédito entre esses produtores autônomos da fábula liberal. Em outras palavras, o autor não precisa de muitas páginas para provar que o mito do escambo é uma engenhosa fábula liberal, marcada por uma visão fortemente evolucionária das relações sociais. Mais do que isso, ao desmontar o mito, nos coloca diante da ideia de que a única forma possível de troca entre produtores autônomos – e os registros históricos apontam para tal – deveria se basear na noção de crédito, pois nas sociedades tradicionais cada unidade doméstica é relativamente autônoma e produz para a sua própria subsistência, e as trocas de bens entre pessoas quase sempre estão marcadas por rituais, onde o desejo por ter algo que o outro possui exige um delicado jogo que, no limite, pode descambar para a violência.

O livro é carregado de afirmações fortes e da presunção de um caráter artificial da economia, mas, de



certo modo, apoiado na longa tradição construída desde 1957 pelo filósofo húngaro Karl Polanyi (1886-1964) com seu *Comércio e mercado nos primeiros impérios*, que aponta para a íntima relação entre Estado e mercado ou, em outras palavras, para a ideia de que os mercados, o dinheiro e a economia da forma que os conhecemos resultam de uma relação forte entre estados nacionais e a rede financeira e que, afinal, todo o sistema se sustenta a partir da nossa crença nele.

Em verdade, Graeber vai além ao afirmar a importância do colonialismo e da administração colonial na criação de mercados, moedas e redes financeiras que impuseram novas formas de moralidade a partir de padrões de consumo e do controle da produção em contextos coloniais.

Portanto, se nas alegorias sobre as primeiras sociedades humanas, a ideia de um sistema de trocas baseado no escambo é, para o autor, um mito liberal, o seu argumento é que a criação dos estados foi uma forma de transferência das dívidas e dos créditos entre pessoas morais para um sistema neutro, que oferece proteção contra a violência e garantia no cumprimento dos contratos. Assim, ele vai desmontando os mitos liberais concernentes ao dinheiro e ao crédito e construindo uma engenhosa narrativa sobre como ao longo de 5 mil anos se construiu o mundo que conhecemos e a economia na forma que a compreendemos.

De fato, a ideia de dívida, que é o eixo central de todo o debate do autor ao longo do livro, proviria de um caráter religioso – aqui, vemos

ecos do argumento do filósofo francês Émile Durkheim (1858-1917) no fundamento religioso da ordem social – da relação entre homens e divindades. Se a fundação das relações sociais estaria marcada por uma dívida permanente, fosse ela com os ancestrais, razão de nossa existência, fosse ela com divindades poderosas, fonte de toda a vida, saldar as dívidas aparece como o fundamento moral das relações entre pessoas.

Aliás, o objetivo confesso do autor parte da leitura que ele faz do clássico *Ensaio sobre a dívida*, do antropólogo francês Marcel Mauss (1872-1950), e do fascínio exercido por essa obra como crítica da economia. Mauss, segundo Graeber, queria desmontar os mitos sob os quais se sustentava a teoria econômica, demonstrando o caráter moral e não utilitário das trocas.

Se para o economista liberal do século 18, nossa predisposição para as trocas obedecia a uma natureza maximizadora e utilitária, Mauss pretendia dizer que o fundamento das trocas é antes de tudo uma relação entre moralidades e, com efeito, trocar é antes de tudo se relacionar com o outro, deixar com o outro uma parte de si e trazer consigo uma parte do outro. Graeber quer, como Mauss, provar a possibilidade de um outro mundo, menos marcado por essa forma de economia que nos parece tão natural e que tanto nos avilta.

José Renato Baptista

*Departamento de Ensino Superior,
Instituto Nacional de Educação
de Surdos*

Cerrado: Em busca de soluções sustentáveis

Geraldo W. Fernandes e outros

*Belo Horizonte, Rede ComCerrado/
CNPq, 212 p., download gratuito
para e-book*

Organizado e escrito por um grupo de pesquisadores da Rede de Pesquisas para o Uso Sustentável e Conservação do Cerrado (ComCerrado) e por outros convidados de várias instituições de seis estados brasileiros, este livro tem a missão de apresentar não só as diferentes faces do bioma, suas belas paisagens e sua importância ecológica, como também os grandes impactos a que está sujeito. A obra busca ainda propor soluções para os problemas encontrados, de modo a auxiliar sua conservação e seu uso sustentável. Ricamente ilustrado, com belíssimas fotografias que mostram um retrato fiel da enorme diversidade do cerrado, o livro está voltado para a sociedade civil, tomadores de decisão e políticos. Escrita em linguagem simples e acessível, a obra traz informações atualizadas e desconhecidas da maioria da população, como a de que o bioma abriga plantas e animais que não existem em nenhum outro lugar do mundo e a de conter as nascentes das principais bacias hidrográficas do país.



O teórico das elites

1916. PUBLICADO O TRATADO DE SOCIOLOGIA GERAL, POR VILFREDO PARETO. No início do século 20, em uma Europa espantada pelas novidades da democracia-liberal e do socialismo, pensadores convergiam em torno da suposição de que as elites eram uma necessidade histórica. O Tratado de sociologia geral, publicado em 1916 por Vilfredo Pareto, é uma das obras que encarnam essa perspectiva.

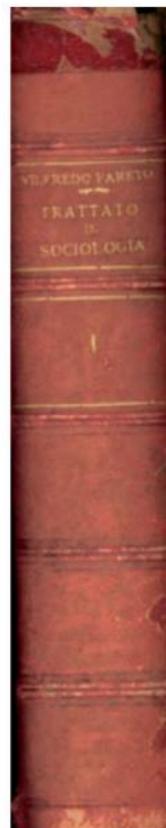
CRISTINA BUARQUE DE HOLLANDA

Instituto de Estudos Sociais e Políticos,
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

LIBERDADE E IGUALDADE são ideias que podem, de fato, organizar a vida política? Autores de tradições elitistas do pensamento político respondem negativamente a essa pergunta, certos de que toda experiência da política necessariamente conduz à formação de minorias dirigentes e maiorias dirigidas. Para eles, as desigualdades de status e poderes são uma condição essencial das relações humanas – e não apenas políticas.

Esse tipo de reflexão esteve presente em diferentes tempos e lugares, mas ganhou fôlego em princípios do século 20 em uma Europa espantada pelas novidades da democracia-liberal e do socialismo. No lugar de práticas políticas fundadas em princípios e moralidade superiores, o que se observava pelas lentes do elitismo eram regimes aprisionados pelos interesses de elites no poder.

Embora não constitua uma escola de pensamento bem definida, com um corpo rígido e coerente de doutrinas políticas, a primeira geração de autores da chamada 'teoria das elites' se organizou em torno das reflexões e obras dos cientistas políticos italianos Gaetano Mosca (1858-1941) e Vilfredo Pareto (1848-1923) e do sociólogo alemão Robert Michels (1876-1936). Apesar de nuances e até di-



ferências importantes nas suas formas de pensar e entender o mundo, os três pensadores convergiam em torno da suposição de que as elites eram uma espécie de necessidade histórica.

O *Tratado de sociologia geral*, de Pareto, é uma das obras que encarnam essa perspectiva. Publicada há exatos 100 anos, ela marcou o afastamento desse aristocrata italiano do ideário liberal e também da vida pública. Para Pareto, o compromisso científico de compreender a realidade de modo objetivo era incompatível com a participação no conflito político.

No *Tratado*, a investigação sobre a política vem emanada ao estudo de objetos da sociologia e também da psicologia. Antes de refletir sobre o resultado das ações dos homens, Pareto quer compreender suas motivações – isto é, o que leva as pessoas a agirem como agem. Segundo ele, elas normalmente respondem a estímulos da emoção, embora estejam a todo tempo – de maneira refletida ou não – empenhadas em apresentar e justificar suas ações com motivos da razão. Empenham-se, portanto, em encobrir suas emoções com capas ou dis-

farces de razão. A razão seria, portanto, apenas o fundamento de explicações improvisadas para ações já empreendidas.

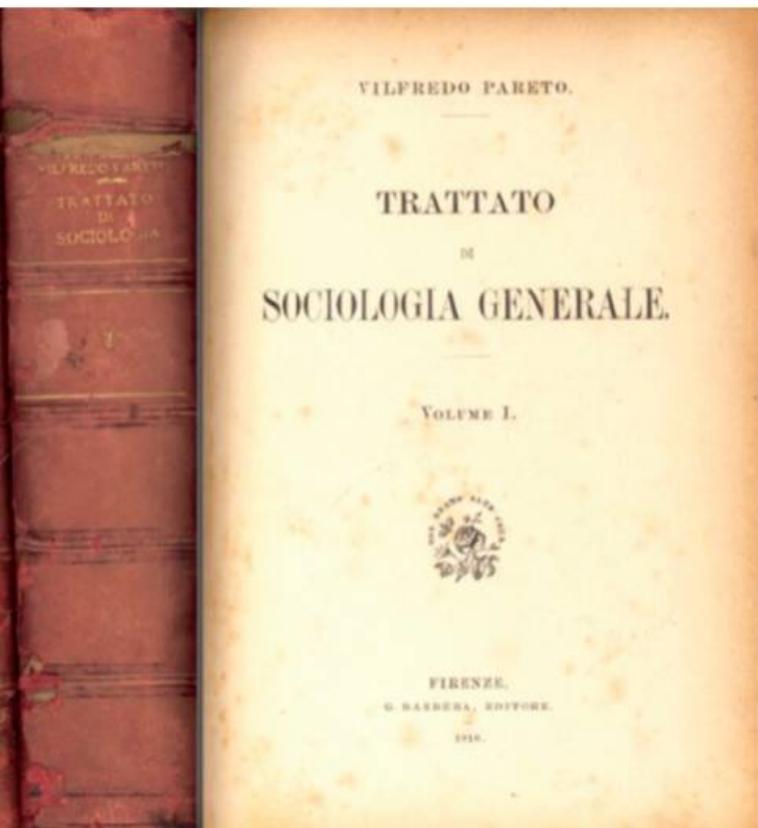
RAZÃO E SENTIMENTO Dado que as emoções e os sentimentos são uma reserva íntima das pessoas e não se prestam diretamente à observação do cientista, Pareto se dedica a investigar os atos por eles inspirados e também seus discursos de justificação. Ele investiga os ‘síntomas’ dos sentimentos no mundo, e não os sentimentos em si mesmos, inacessíveis ao observador. Um erro comum, segundo Pareto, seria desconhecer essa esfera determinativa dos sentimentos e supor que os atos derivam da sua argumentação racional – e não o contrário, isto é, que a argumentação racional deriva dos atos já consumados.

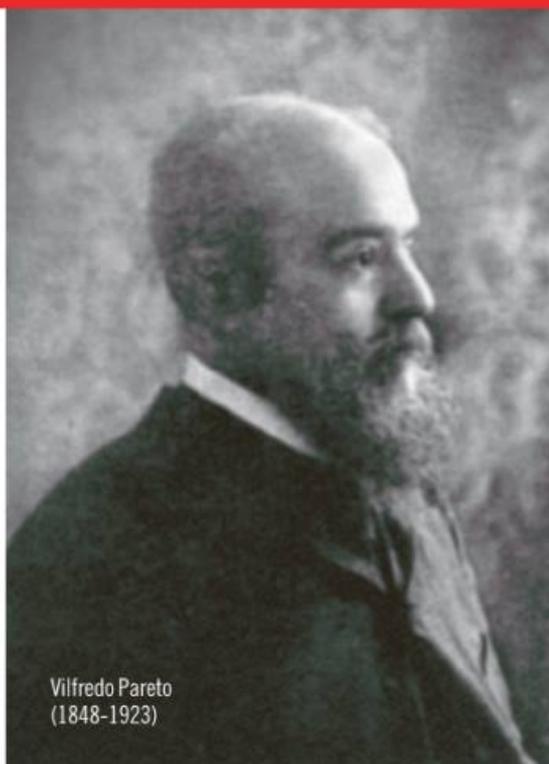
Entre as várias ações e justificativas para a ação que as pessoas produzem, Pareto identifica duas pulsões principais, que teriam atravessado a história da humanidade em uma tensa relação de oposição e complementaridade: o ‘instinto das combinações’ e a ‘persistência dos agregados’.

Na primeira delas, reside a busca do novo, alimento do intelecto e também do progresso. Nela estão as bases das civilizações superiores e também as causas do seu declínio. Afinal, uma sociedade apenas dedicada à novidade e desatenta às necessidades de permanência não é capaz de se reproduzir indefinidamente. Está destinada a um curto ciclo de vida. É exatamente o sentido de conservação que descreve o segundo princípio, o de ‘persistência dos agregados’. As ações com essa inspiração são expressão da tendência humana a manter os arranjos estabelecidos e evitar o custo das transformações. São inerciais, portanto. Esse princípio está na base dos laços religiosos, nacionais e patrióticos, estabilizadores das relações humanas. Sociedades que desenvolvem esse princípio ao extremo morrem pela falta de renovação.

Em estado puro, portanto, nenhuma dessas pulsões tem vida longa, embora a ‘persistência dos agregados’ tenda a ser menos volátil. Apenas a combinação das pulsões opostas entre si pode produzir equilíbrio social mais consistente. Mas esse equilíbrio nunca alcançará um estado de repouso ou estabili-

>>>





Vilfredo Pareto
(1848-1923)

dade. As sociedades têm bases móveis e, como elas, também suas elites políticas – destinadas a se equilibrarem na tensa combinação e complementaridade entre permanência e inovação.

APTIDÃO E DOMÍNIO Para Pareto, em qualquer ramo da atividade humana, sempre existe um grupo de poucos homens mais talentosos que prevalece sobre um grupo extenso de sujeitos menos aptos. A definição de boas ou más elites tem a ver com suas maiores ou menores capacidade de executar uma atividade específica – o que nos permitiria pensar, por exemplo, em bons e maus ladrões, ou seja, sujeitos que infringem as normas com maior ou menor competência. O que define as elites, portanto, são critérios de eficiência, e não de moralidade.

No sistema apresentado por Pareto, a elite política constitui uma das classes de elite e reúne os homens mais aptos à condução do governo. Como em outros setores da atividade humana, um conjunto de homens mais capazes se destaca e subordina os menos capazes, sempre em maior número.

Longe de constituir uma realidade estática, a dominação é dinâmica, baseada em uma negociação tensa entre dirigentes e dirigidos. As condições do domínio

não se reproduzem indefinidamente. Pareto entende o poder como um lugar frágil e precário que demanda esforço permanente de atualização, sem garantias de sucesso. As elites, portanto, embora constituídas pelos melhores, não estão imunes a ameaças externas. Assim como os corpos humanos, as sociedades dependem de circulação. Os ritmos são diferentes – e tanto podem produzir movimentos radicais de substituição de elites, na forma de revoluções, quanto motivar trocas progressivas da elite com o meio social.

CEMITÉRIO DE ARISTOCRACIAS Quando a elite não renova seus membros, a tendência é que a circulação ocorra entre elites, de modo radical. O confinamento de membros superiores em extratos inferiores da sociedade, sem perspectiva de mobilidade, detona um processo de formação de nova elite entre os homens superiores em condição de subordinação. Esse grupo passa a disputar o poder com aquele que se fechou à renovação. Se a circulação não percorre os caminhos mais suaves, tenderá a se precipitar de forma violenta. A assimilação do oposto altera e prolonga, portanto, os processos de declínio político. Apesar disso, não existe engenharia política capaz de manter uma elite indefinidamente no poder, e a história política é por isso descrita por Pareto como um “cemitério de aristocracias”.

Em fins dos anos 1910, Pareto alcançou projeção na cena pública italiana como cientista visionário. Nos seus escritos políticos, ele anunciava a superação necessária da plutocracia demagógica e uma radical transformação das formas de organização social.

O ciclo necessário de renovação das elites precipitaria, em breve, uma novidade política. Em 1922, os operadores do fascismo apresentaram o novo regime como materialização da profecia científica de Pareto. No mesmo ano, Mussolini indicou-o para o Senado e para a representação da Itália na conferência sobre desarmamento da Liga das Nações.

Pareto foi feito o intelectual por excelência do fascismo, mas morreu em agosto de 1923 e teve, portanto, vida curta sob o novo regime. Embora tenha se somado aos seus primeiros movimentos, o vínculo orgânico com a ordem fascista foi, em medida significativa, obra de seus intérpretes. 



UM CHEIRINHO NO AR

Um verdadeiro avanço! [nota sobre sistema que captura aroma de flores sem destruí-las, CH 339.]

Francisco Luis Camino

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

CH DIGITAL X IMPRESSA

É uma pena [a CH não ser mais impressa]! Espero que um dia ela retorne. Em 1985, quando tinha 10 anos de idade, comprei meu primeiro exemplar. Não entendi absolutamente nada do conteúdo. Mas, como à época eu colecionava a saudosa revista Geográfica Universal, fui cativado pelas belas fotos e ilustrações que a Ciência Hoje também publicava. E, se não me engano, comprei esse número inicial por conta de uma matéria muito interessante sobre o reino animal. De lá para cá, comprei mais de 100 exemplares. Por algum motivo, parei de colecionar – cheguei a encadernar os exemplares. Então, outro dia desses, fui comprar uma revista na banca e não a encontrei. Agora veio a confirmação de que ela não é mais publicada [em papel]. Torço para que ela retorne, do fundo do coração. A verdade é que os especialistas, os entusiastas e os curiosos científicos não podem ficar à mercê de

uma única publicação (estrangeira) para aplacar a sede de conhecimento. Por favor, tragam-na de volta.

Michel Carvalho

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

DESMANTELAMENTO DO ESTADO SOCIAL I

Infelizmente, o pensamento econômico do articulista (CH 341, carta ao leitor, de Luiz Carlos Bresser-Pereira) não encontra amparo na realidade.

Alberto Chamovitz

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

DESMANTELAMENTO DO ESTADO SOCIAL II

Concordo com o autor. Muito legal a CH abordar o assunto. Mas o pensamento de que os pobres passaram a contar com o SUS está no âmago dos problemas atuais. O SUS é uma conquista de toda a população, atende a toda a população em diversas instâncias e níveis. Acho que entender sua construção como uma vitória democrática de todo brasileiro – e não só do pobre – é fundamental para que consigamos defendê-lo dos ataques privatistas.

Marcelo Pereira Garcia

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

DESMANTELAMENTO DO ESTADO SOCIAL III

A PEC 241 é comparável a uma ‘Declaração universal do neoliberalismo’. Em resumo, afirma que a riqueza da nação não deve ser direcionada em benefício da população, mas ao emagrecimento do Estado para se adequar à ‘estética’ neoliberal. Esses serviços do capital querem um estado “saudável” enquanto se esvai a oferta de serviços de saúde pública para a população. Querem um Estado alinhado às exigências do FMI [Fundo Monetário Internacional], enquanto geração após geração de brasileiros ficam sem uma escola pública minimamente decente.

Renata Moraes

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

DESMANTELAMENTO DO ESTADO SOCIAL IV

Em minha humilde opinião, trata-se de uma avaliação precisa e honesta.

José Sabino

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

DESMANTELAMENTO DO ESTADO SOCIAL V

Bresser sempre preciso, sempre comprometido com o Brasil e os brasileiros.

Carlos Franco

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

ECOPISO

Muito bom (nota sobre rejeitos transformados em lajotas, CH 341).

Luciana Fernandes Domingos

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

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

DADOS INTERESSANTES

QUE TAL UM JOGO DE DADOS? Para isso, usaremos dados especiais. Alerta: se mal utilizados, podem fazer com que você ganhe muito dinheiro. E, talvez, crie inimigos raivosos.

Nossos três dados (A, B e C) têm, respectivamente, os seguintes números em suas faces: (2, 2, 4, 4, 9, 9), (1, 1, 6, 6, 8, 8) e (3, 3, 5, 5, 7, 7) – sim, é isso mesmo: os números aparecem repetidos!

O jogo que propomos é o seguinte: cada jogador escolhe um dado, e os lançamentos precisam ser simultâneos. O vencedor é aquele cujo dado mostrar o maior número. Os dados, no entanto, devem ser lançados várias vezes, ou seja, as partidas devem ser longas (digamos, dezenas de rodadas).

O jogo parece justo, mas há um truque para se levar a melhor. Você, como bom esportista, deixará que seu oponente escolha um dado primeiro. Esse é o truque! Veremos que, qualquer que seja a escolha de seu oponente, você poderá escolher um dado que, em média, ganhará de seu adversário.

Analise o confronto entre os dados A e B.

Após lançarmos esses dados, existem nove possibilidades para o par de números que saíra: (A, B): (2,1), (2,6), (2,8), (4,1), (4,6), (4,8), (9,1), (9,6) e (9,8). Cada um desses pares tem a mesma probabilidade: igual a 1/9 (ver 'Desafio').



FOTO: OSCAR RODRIGUES

DESAFIO
Por que a probabilidade de cada par sair é a mesma?

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO
As cartas mostram, de um lado, 'cerveja' e 'suco', e, do outro, '21' e '15'. Como a idade mínima para beber cerveja é de 18 anos, temos que virar as cartas 'cerveja' – para ter certeza de que não é um menor de idade – e a carta '15' – para saber o que o menor de idade está bebendo

E em quantos lances o dado A vence o dado B? Basta contar na lista de possibilidades acima: cinco em nove. Assim, a probabilidade de A vencer B é 5/9. Isso significa que, se fizermos 99 lançamentos, por exemplo, o dado A vencerá em cerca de 55 deles; e o dado B, em 44 deles.

E como o dado B se compara com o dado C?

Nesse caso, os pares (B, C) possíveis serão: (1,3), (1,5), (1,7), (6,3), (6,5), (6,7), (8,3), (8,5) e (8,7). O dado B vence o C em cinco das nove possibilidades, o que dá, mais uma vez, uma probabilidade de 5/9 de B vencer C.

Finalmente, o confronto C *versus* A.

Aqui, as coisas não parecem boas para C... – afinal, A ganha de B, que ganha de C... Nesse confronto, os pares (C, A) serão: (3,2), (3,4), (3,9), (5,2), (5,4), (5,9), (7,2), (7,4) e (7,9). E a contagem dá (novamente): cinco vitórias em nove para C sobre A! Ou seja, C vence A com probabilidade 5/9.

Esses dados são um exemplo de uma propriedade não-transitiva (ver 'Pedra, papel ou tesoura?', CH 280). Em nosso exemplo, isso significa que, em média, o dado A ganha do B; o dado B ganha do C; e o dado C ganha do A.

Portanto, a estratégia do jogo é: deixe seu oponente escolher primeiro, pois sempre há um dado com o qual você pode vencê-lo depois de muitas jogadas.

Aparentemente, o bilionário norte-americano Warren Buffet gosta muito desse tipo de jogo não-transitivo. Diz-se que, certa vez, ele desafiou seu amigo Bill Gates, também bilionário, para um 'joguinho inocente' de dados. Gates pediu para inspecioná-los, porque imaginou que deveria ter alguma 'pegadinha' – afinal, bobos eles não são!

Gates teria aceitado o jogo, mas impondo a Buffet o seguinte: "Você escolhe primeiro!" Os dois ainda são muito amigos.

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



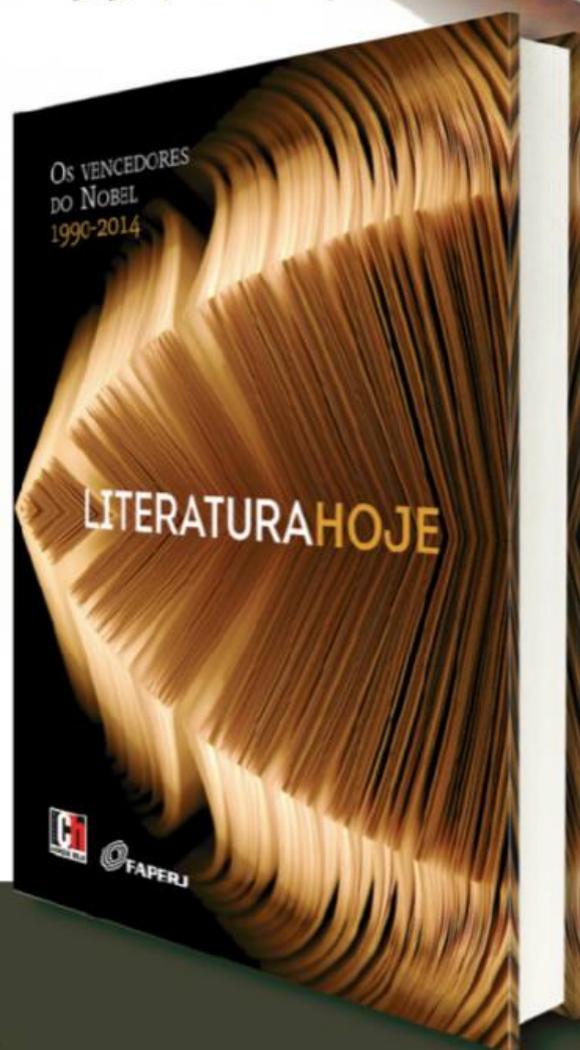
LITERATURAHOJE

OS VENCEDORES DO NOBEL 1990-2014

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

.....

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



PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR

.....

0800 727 8999

.....

www.cienciahoje.org.br

**VISITE NOSSA
LOJA VIRTUAL**

Doe uma publicação
do Instituto Ciência Hoje
para uma escola e ajude
a construir um futuro
com mais conhecimento



Seja um Amigo da Ciência

As escolas brasileiras precisam mais do que investimento público: é fundamental que a sociedade civil se dedique à formação de cidadãos mais conscientes e plenos, aptos a atuar nas mais diferentes áreas.

Por isso, estamos pedindo ajuda a nossos leitores de todo o Brasil: doe uma publicação do ICH para uma escola da sua preferência e ajude a levar mais ciência para a vida de crianças e jovens.

São várias categorias de doação, que incluem assinaturas das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, a coleção *Ciência Hoje na Escola* e outros livros publicados pelo ICH.



PARA PARTICIPAR LIGUE 0800 727 8999 OU

ESCREVA PARA CIENTISTA.ESCOLA@CIENCIAHOJE.ORG.BR