

Um 'senso numérico' inato

Evidências cada vez mais numerosas indicam que nosso cérebro, assim como o dos animais, está equipado desde o nascimento com um 'senso numérico'. Além disso, ele seria capaz, por um mecanismo ainda não bem elucidado, de encontrar na realidade um paralelo com as abstratas estruturas matemáticas. Essa propriedade inata do cérebro está presente em animais e crianças muito pequenas. Em humanos adultos, tal capacidade se soma à evolução cultural, que permite às pessoas fazer operações complexas. O estudo dessa habilidade matemática tem implicações em diversas áreas do conhecimento, como o entendimento de transtornos neurológicos, que dificultam e até impedem efetuar operações elementares.

Importantes e necessárias para manter a saúde das pessoas, as proteínas – quando alteradas – podem ser grandes vilãs, provocando danos às células e gerando doenças, conhecidas como amiloidogênicas. Os cientistas já conhecem alguns mecanismos envolvidos nessas enfermidades e buscam tratamentos mais eficazes.

Um cálculo rápido sobre quantos ancestrais tem uma pessoa nos levaria a um número gigantesco, mas, na realidade, falso. Vários fatores, como guerras e epidemias, contribuem para modificar esse cômputo. Um papel especial, porém, cabe a elementos antropológicos, como as formas de casamentos adotadas em muitas sociedades. Por maior que seja a base da pirâmide humana, o que derruba a falsa premissa é o fato de nós compartilharmos nossos ancestrais.

Estudo recente revelou que os sedimentos da represa Rio Grande, que faz parte do complexo de reservatórios Billings, em São Paulo, contêm altos teores de metais pesados. Pior do que isso: no local, existe um ponto de captação de água para abastecimento de 1,4 milhão de pessoas. Se agitadas, as substâncias tóxicas presentes no sedimento podem causar danos aos seres que vivem nesse ambiente.

A redação

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE • Organização Social de Interesse Público da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. O Instituto tem sob sua responsabilidade a publicação das revistas Ciência Hoje e Ciência Hoje das Crianças, CH on-line (internet), Ciência Hoje na Escola (volu-mes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista Ciencia Hoy mes tematicos), wantem intercambio com a revista cuenca rioy (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Cen-tro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universida-de Federal do Rio de Janeiro (UFR). ISSN: 0101-8515

Diretor Presidente • Renato Lessa (IUPERI)

Diretores Adjuntos • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRI) • Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRI) • Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRI) • Superintendente Executiva • Elisabete Pinto Guedes Superintendente Financeira • Lindalva Gurfield Superintendente de Projetos Estratégicos • Fernando Szklo

CIÊNCIA HOJE • SBPC

Editores Científicos • Ciências Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (IUPER) • Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/UFR)) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveiro (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) • Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFR)) • Humanidades - Ricardo Benzaguen de Araújo (IUPER))

Editora Executiva • Alicia Ivanissevich; Editora Assistente • Sheila Kaplan; Editor de Forma e Linguagem • Cássio Leite Vieira; Editor de Texto • Ricardo Menandro; Setor Internacional • Cássio Leite Vieira; Repórteres • Andressa Spata, Fred Furtado e Mariana Ferraz; Colaboraram neste número • Jaqueline Bartzen (reportagem); Revisoras •

raram neste numero • Jaquenne Bartzen (reportagem); nevisoras • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; Secretária • Theresa Coelho ARTE • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.

Diretora de Arte • Claudia Fleury; Programação Visual • Carlos Henrique Viviane e Raquel F. Teixeira; Computação Gráfica • Luiz Baltar; (ampersand@amperdesign.com.br)

(chsul@ufpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departa-mento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê. CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (0xx41) 3313-2038. Apoio: Universidade

SALVADOR • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (caio@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA. CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0xx71)

COMERCIAL E PROJETOS EDUCACIONAIS • Superintendente • Ricardo Madeira; • Publicidade • Sandra Soares; Projetos educacionais • Clarissa Akemi. End.: Rua Berta, 60 · Vila Mariana, СЕР о4120-о40, São Paulo,SP. Telefax: (охх11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje. org.br). Circulação e assinatura • Gerente • Andréia Marques. Telefax: (охх21) 2109-8959 (amarques@cienciahoje.org.br)

REPRESENTANTES COMERCIAIS

• Joaquim Barroncas - Tels.: (oxx61) 226-1824/ ı. Fax: (oxx61) 226-1824

PRODUÇÃO • Maria Elisa C. Santos; Irani Fuentes de Araújo RECURSOS HUMANOS • Luiz Tito de Santana EXPEDIÇÃO • Gerente • Adalgisa Bahri IMPRESSÃO • Ediouro Gráfica e Editora Ltda DISTRIBUIÇÃO • Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

CIÊNCIA HOJE • Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (0xx21) 2109-8999 – Fax.: (0xx21) 2541-5342 • Redação (cienciahoje@cienciahoje.org.br)



dada em 1948, é uma entidade civil sem fins lucrativos. voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país. **Sede nacional**: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP. Tel.:

Ciência Hoje e CNPq/MCT são Apoio parceiros no fortalecimento da iniciação científica



ATENDIMENTO AO ASSINANTE **E NÚMEROS AVULSOS** 0800 727 8999

No Rio de Janeiro: (0xx21) 2109-8999 CH On-line: www.ciencia.org.br chonline@cienciahoje.org.br

PARA ANUNCIAR TELFAX.: (0xx11) 3539-2000 cienciasp@cienciahoje.org.br

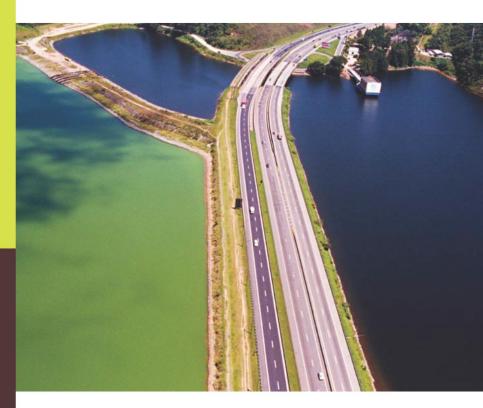
26 O aprendizado da matemática e o cérebro

A capacidade de realizar operações matemáticas depende de uma propriedade inata do cérebro, presente em animais e crianças muito pequenas. Em humanos adultos, somam-se a essa propriedade as interações sociais, produto da evolução cultural. Por Julia Martinez e Pablo Argibay

32 A qualidade do sedimento: contaminação por metais pode ser ameaça a seres vivos

Os sedimentos acumulados no fundo dos corpos d'água são um registro histórico do que aconteceu no local. Estudo recente mostra que os sedimentos da represa Rio Grande, em São Paulo, contêm altos teores de metais pesados.

Por Carolina F. Mariani e Marcelo L. M. Pompêo





- 8 O que é o querubismo? Como é feita a correção? Quanto tempo uma floresta leva para se recuperar de um incêndio? Como ocorre esse processo?
- 9 Papagaios imitam os sons de outros animais na natureza? Por que, em dias de ressaca, a faixa de areia de algumas praias desaparece?

ENTREVISTA

Kurt Wüthrich

10 Grande ressonância

Químico fala da técnica para estudar proteínas que lhe rendeu o prêmio Nobel

MUNDO DE CIÊNCIA

14 Nanovacinas: direto ao alvo

Novo tipo de vacina permite dosagem bem pequena e tem custo reduzido

A PROPÓSITO

23 A volta de Lamarck

Estudos sugerem que a teoria da evolução lamarckista pode estar correta

EM DI

51 Mais que mil palavras

Falta de divulgação e poucos cursos prejudicam a ilustração científica

54 Alto risco no açaí

Produto contaminado causa novos surtos da doença de Chagas

56 Um HIV menos resistente

Subtipo mais comum do vírus da Aids tem maior sensibilidade a drogas

58 Gigante das Américas

Argentinos e brasileiros descobrem fóssil de dinossauro de grande porte

61 Da tomada para a estrada

Projeto prevê a nacionalização da tecnologia de veículos elétricos

ENSAL

62 Organismos de organismos...

'Superorganismo' ajuda a entender os níveis de organização biológica

PRIMEIRA LINHA

64 Um salto arriscado

Transposição de bacias tem impacto nas áreas que recebem a água

66 Cachaça: os segredos da fermentação

Estudo da levedura envolvida no processo ajuda a aperfeiçoar a bebida

70 Aquário natural ameaçado

Turismo desordenado altera comunidade de peixes recifais na Paraíba

RESENH

74 O grande equívoco

Resenha do livro Big Bang, de Simon Singh

MEMÓRIA

76 Uma poderosa barreira

O interferon, que combate infecção viral, foi descoberto há 50 anos

79 CARTA

OUAL O PROBLEMA

80 A Eva mitocondrial

Como a matemática nos mostra que, de fato, somos todos parentes



38 Um exercício de álgebra e parentesco

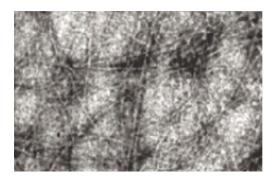
Quantos ancestrais de um indivíduo atual viviam há 2007 anos? Se calcularmos pensando em dois pais, quatro avós e assim por diante, chegamos a um número impressionante, mas falso. Relações de parentesco, entre outros fatores, ajudam a modificar esse cálculo.

Por Roque de Barros Laraia

44 Quando proteínas são as grandes vilãs

Embora importantes para a saúde, as proteínas podem, em certos casos, atuar contra o organismo. Doenças como as de Alzheimer e de Parkinson, entre outras, são causadas pelo acúmulo, no corpo, de proteínas alteradas ou fragmentos protéicos.

Por Margaret Magdesian e Débora Foguel





O que é o querubismo? Como é feita a correção?

MIGUEL HEICHARD, POR CORREIO ELETRÔNICO

O querubismo foi inicialmente descrito por W. A. Jones em 1933 e caracteriza-se por uma tumoração óssea muito rara, benigna, mas de proliferação intensa e agressiva, que envolve toda a face, principalmente a mandíbula, a maxila e, em casos severos, a órbita ocular. O nome refere-se às imagens renascentistas, como as pinturas de Rafael Sanzio e Peter Paul Rubens, que mostravam o querubim como uma figura infantil com bochechas rosadas e grandes.

A manifestação da doença inicia-se entre 2 a 10 anos e pode proliferar-se até o final da adolescência. É uma doença autossômica dominante — ou seja, se o pai ou a mãe tiverem querubismo, o filho terá 50% de chance de desenvolver a doença —, com diferentes graus de severidade. A enfermidade está associada à mutação do gene SH3BP2, mapeado no lócus 4p16.3, descoberto por Valdenize Tiziani em 1999, então pesquisadora da Sociedade Brasileira de Pesquisa e Assistência para Reabilitação Craniofacial (Sobrapar), em Campinas, em colaboração com a Universidade Harvard, nos Estados Unidos.

O hospital da Sobrapar, que trata crianças com fissuras labiopalatinas e outras deformidades congênitas e adquiridas, atendeu ao maior número de pacientes com querubismo já relatado na literatura médica mundial. Os casos severos devem ser submetidos à cirurgia tão logo se tenha o diagnóstico. A cirurgia consiste na retirada do tumor da região das maxilas e mandíbulas. Esta é a única maneira de prevenir a evolução da doença, que nos casos graves pode levar à morte do paciente, já que o tumor cresce de forma tão intensa que bloqueia as vias aéreas.

Cássio Eduardo Raposo do Amaral

Sociedade Brasileira de Pesquisa e Assistência para Reabilitação Craniofacial

Quanto tempo uma floresta leva para se recuperar de um incêndio? Como ocorre esse processo?

ADRIANA DO NASCIMENTO, NOVA IGUAÇU/RJ

O tempo de recuperação depende do tipo de floresta, o que está relacionado principalmente ao clima regional. Nas florestas pluviais, de regiões mais úmidas, como a maior parte da Amazônia e da parte costeira da mata atlântica, o clima auxilia o crescimento das plantas sobreviventes e de outras que irão se estabelecer no local por meio do processo conhecido como sucessão secundária – quando outras espécies, inicialmente ervas e arbustos, recolonizam uma determinada área onde a vegetação original foi removida ou sofreu degradação intensa. Nas florestas estacionais, em regiões com menor precipitação e ocorrência de um período seco mais longo, o crescimento geralmente é um pouco mais lento. A maioria das espécies florestais tem baixa resistência ao fogo, ao contrário do que ocorre nas espécies do cerrado, provocando grande mortalidade das árvores, mas podem ficar algumas mais resistentes ou com capacidade de rebrotar após o fogo.

Ao longo da sucessão secundária, há o surgimento das chamadas espécies arbóreas pioneiras, como as do gênero *Cecropia* (embaúba), de rápido crescimento e, em muitos casos, com sementes cuja germinação é induzida por altas temperaturas. Em alguns anos, essas espécies garantem um ambiente mais sombreado e protegido, favorecendo o desenvolvimento das demais espécies arbóreas, de crescimento mais lento e que substituem gradualmente as pioneiras.

O retorno a uma condição semelhante à da floresta original pode demorar de alguns anos (em relação à biomassa, quantidade de matéria orgânica produzida pelos organismos) a muitas décadas (quanto à composição e diversidade de espécies). Além do clima, isso vai depender da intensidade do incêndio e do conseqüente dano causado às árvores, mudas e sementes existentes no solo. O processo pode ser agilizado se houver florestas remanescentes nas proximidades, o que favorece a dispersão de sementes por animais e pelo vento, auxiliando a sucessão. Já perturbações posteriores, como a presença de gado, a retirada de madeira ou a ocorrência de novas queimadas, podem atrasar esse processo.

Claudio Belmonte de Athayde Bohrer

Laboratório de Ecologia e Biogeografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense



Papagaios imitam os sons de outros animais na natureza?

MARIA DE PAULA BENTO, POR CORREIO ELETRÔNICO

Nas aves, a imitação dos cantos e vozes de outras espécies é relativamente comum em ambiente silvestre. Essas imitações são freqüentes entre aves das famílias Cuculidae (alma-de-gato, saci, anus), Ranfastidae (tucanos, araçaris), Corvidae (gralhas), Mimidae (japacanim), Turdidae (sabiás), Icteridae (chopin, corrupião), Traupidae (gaturamos) e Fringilidae (trincaferro, coleiro, bigodinho).

Entre psitacídeos silvestres (grupo que inclui araras, periquitos, papagaios e afins), tais imitações existem, apesar de serem pouco freqüentes, contrariando a crença geral de que os papagaios não imitam outras vozes e sons em ambientes silvestres. Por outro lado, em cativeiro, os papagaios e outros psitacídeos imitam freqüentemente os mais variados sons e ruídos, chegando a reproduzir a voz humana, especialmente a do dono. Os papagaios imitam vozes que refletem situações associativas, por exemplo, latem quando vêem um cão, pedem comida quando vêem alimentos e até chegam a se despedir quando percebem as pessoas indo embora.



Departamento de Morfologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais



?

Por que, em dias de ressaca, a faixa de areia de algumas praias desaparece?

JULIANA DIAS, RIO DE JANEIRO/RJ

Durante uma ressaca, além da incidência de ondas mais altas que o normal, o nível médio do mar junto à costa se eleva pela ação de diversos fatores de origem meteorológica (ventos, variações na pressão atmosférica e ondas). A sobreelevação do nível médio do mar, quando há ressaca, é da ordem de 20% da altura da onda incidente, isto é, se ocorre uma ressaca com ondas de 3 m de altura, o nível médio do mar sobe 60 cm; se for de 4 m, o nível médio sobe 80 cm, e assim por diante.

No litoral das regiões Sul e Sudeste do Brasil são muito comuns tempestades com esses níveis de energia entre o final do outono e o início da primavera. Por outro lado, as praias, que são estruturas naturais de dissipação de energia das ondas, reagem durante a ressaca, alterando suas feições morfológicas na busca de um novo estado de equilíbrio. A sobreelevação do nível médio do mar faz mudar o ponto de arrebentação para uma posição mais próxima à terra, favorecendo a ação erosiva das ondas na parte alta da praia. A conseqüência disso é a movimentação dos sedimentos da área emersa para a área submersa, resultando em acúmulo de sedimentos no setor submerso. Esse processo é observável pelo recuo da linha de costa, que, depen-

dendo do nível de exposição da praia, da severidade da tempestade e do diâmetro do sedimento que compõe o leito, pode ser da ordem de 40 m a 60 m.

Passada a ressaca, o nível do mar baixa, voltando ao normal, o ponto de arrebentação recua e as ondas diminuem de altura, devolvendo à parte alta da praia os sedimentos que foram tirados durante a ressaca, reconstruindo assim o perfil original. Esse ciclo é natural e acontece em todas as praias em equilíbrio. No entanto, se houver déficit de material (seja por causa natural ou pela ação do homem), o ciclo não se completa e verifica-se, com o passar do tempo, uma tendência de erosão nas áreas emersas e aumento dos depósitos sedimentares submarinos.

Enise Valentini

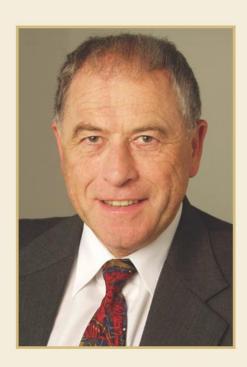
Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

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

CORREIO ELETRÔNICO:

cienciahoje@cienciahoje.org.br

GRANDE RESSONÂNCIA



A possibilidade de 'enxergar' a estrutura tridimensional de uma proteína em solução - um meio próximo ao natural - revolucionou a química biológica. Isso foi conseguido com o uso da ressonância magnética nuclear (RMN), uma técnica complementar à cristalografia de raios X, que permitiu obter novas informações sobre as proteínas, levando, por exemplo, à identificação das estruturas dos príons, responsáveis por provocar doenças como a da vaca louca. A magnitude dessa conquista foi corroborada em 2002, quando o químico suíço Kurt Wüthrich, descobridor da técnica, recebeu o prêmio Nobel de Química.

Pesquisador do Instituto Federal Suíço de Tecnologia, em Zurique (Suíça), e do Instituto de Pesquisa Scripps, na Califórnia (Estados Unidos), Wüthrich esteve no Rio de Janeiro no início de setembro para participar do evento que inaugurou o Centro Nacional de Ressonância Magnética Nuclear Jiri Jonas, na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Nesta entrevista, ele falou sobre sua carreira, o trabalho que lhe rendeu o Nobel e o seu interesse por esportes.

Kurt Wüthrich

Fred Furtado *Ciência Hoje*/RJ

Originalmente, o senhor queria ser engenheiro florestal e, depois, professor do ensino médio com ênfase em esportes. O que o fez mudar de idéia e se tornar um cientista?

Fui aconselhado a não seguir a carreira de engenheiro florestal devido à má situação da profissão na época. Tornei-me então professor do ensino médio com diploma de professor de esportes, que incluía a capacitação como instrutor de futebol para times profissionais. Trabalhei nisso por cinco anos e também dei aulas de esqui e natação. Nessa época, eu estudava ciência à noite, simplesmente porque gostava. Eu e minha esposa ganhamos bolsas para estudar esportes, como beisebol e basquetebol, nos Estados Unidos, para complementar nossos estudos. Acabei derivando para a área científica ao longo de quatro anos e consegui uma posição de pós-doutor para estudar mecânica quântica e física do comportamento do spin (um tipo de rotação de uma partícula) na Universidade de Berkeley, na Califórnia. Três anos depois, fui contratado para trabalhar no laboratório [da companhia norte-americana de telefones] Bell, que era um dos principais centros de pesquisa do país, e foi assim que me tornei um cientista.

Como o senhor desenvolveu o método para determinar a estrutura tridimensional de uma proteína em solução usando a RMN?

Comecei a trabalhar nesse campo no laboratório Bell, fazendo experimentos com as proteínas hemoglobina e citocromo C. Depois, voltei para a Suíça, onde concluí que a RMN era um bom caminho para determinar a estrutura de proteínas. Achei que tínhamos uma boa chance, pois já havíamos corrigido a estrutura do citocromo C, o que causou certo burburinho, uma vez que os cristalógrafos haviam cometido um erro nesse processo. Como meu trabalho anterior havia sido com íons metálicos paramagnéticos, usei a física desses elementos na minha abordagem. Não olhávamos a proteína e sim os íons metálicos. Eles têm elétrons não emparelhados cujo campo magnético gerado é 600 vezes mais forte que aquele produzido pelos núcleos. Isso acaba mascarando outras leituras, a não ser quando o elétron tem certas propriedades, as quais eu conhecia e podia monitorar. Embora os cristalógrafos pudessem determinar o formato da proteína, eles não tinham como identificar a posição dos átomos, algo que eu acreditava que pudéssemos fazer contrastando nossa técnica com a estrutura obtida pela cristalografia. Foi assim que concluí que poderia usar esse método para determinar a estrutura das proteínas em solução. Levei cinco anos para perceber que isso não funcionaria, porque, em estruturas totalmente desconhecidas, não há como distinguir as orientações possíveis para se posicionar os átomos.

Como resolveu esse problema?

Estava desesperado, pois não tínhamos feito qualquer progresso. Então, reuni todos os artigos sobre o assunto, cerca de 500, li tudo e escrevi meu primeiro livro sobre o tema, NMR in biological research: peptides and proteins [RMN em pesquisa biológica: peptídeos e proteínas], em 1974. Percebi naquele momento que tínhamos que tentar algo diferente e, após um ano, descobrimos que podíamos usar o efeito nuclear Overhauser [NOE, na sigla em inglês] para medir a distância entre os átomos, pois ele era um parâmetro de RMN que podia ser associado de maneira precisa à estrutura tridimensional da proteína. Em 1977, desenvolvemos a metodologia para medir esses NOEs e contratei um físico teórico para criar algoritmos - fórmulas matemáticas - que permitissem calcular a estrutura da proteína a partir dessas informações, o que levou cerca de sete anos. Finalmente, desenvolvemos a RMN bidimensional que fazia milhares de medidas de curta distância, usadas para gerar a estrutura por meio de um programa criado por analistas computacionais. A primeira proteína cuja estrutura tridimensional identificamos foi o inibidor de proteinase do plasma do touro, em 1984.

A reação inicial ao seu trabalho não foi boa. Por quê?

A biologia estrutural era dominada pela cristalografia e os cientistas na época acreditavam que ninguém poderia determinar a estrutura de uma proteína em solução. Quando mostrei nossos dados, disseram que tínhamos trapaceado, usando a estrutura de uma proteína similar para criar nosso modelo.

Como o senhor provou que estava correto?

Duas coisas aconteceram. A segunda estrutura que identificamos era muito diferente daquela encontrada por cristalografia para a mesma proteína, a metalotioneína – na época, não sabíamos que um grupo de cristalógrafos estava trabalhando nela. Isso foi difícil para nós, porque não podíamos publicar, já que as pessoas achavam que a estrutura cristalina era a correta. Então, em 1987, um cristalógrafo propôs que determinássemos a estrutura de uma nova proteína pelos dois métodos independentemente. Terminamos nossa parte antes que o outro grupo

Quando mostrei nossos dados, eles disseram que tínhamos trapaceado, usando a estrutura cristalina de uma proteína similar para criar nosso modelo

ENTREVISTA

obtivesse os cristais e, quando o fizeram, verificouse que as duas estruturas eram virtualmente idênticas. Esse período difícil durou quatro anos. Depois foi provado que a estrutura da metalotioneína estava correta por RMN e errada por cristalografia.

O senhor afirma que a RMN não invalida a cristalografia, que cada técnica tem o seu lugar. Quais as principais diferenças entre elas?

As principais vantagens da cristalografia hoje são a maior eficiência, o custo mais barato e a capacidade de determinar a estrutura de proteínas muito grandes. As maiores estruturas que podem ser resolvidas por RMN têm por volta de 30 mil quilodaltons [um Dalton é uma unidade de massa para moléculas e átomos]. Eu só tentaria utilizar a técnica em proteínas de no máximo 25 mil kDa e, mesmo assim, apenas por razões muito fortes, senão enviaria as amostras para cristalografia. Por outro lado, a RMN é muito poderosa para a resolução de pequenas proteínas, além de permitir visualizar sua dinâmica interna e a capa de hidratação resultante da interação com a solução. Vemos algo muito diferente do que vêem os cristalógrafos, que observam uma imagem estática. Ou seja, as técnicas são complementares.

Acredita-se que a química biológica tenha se tornado uma grande ciência, em parte graças ao seu trabalho com RMN. O senhor esperava causar esse impacto?

Quando conseguimos obter a primeira estrutura protéica por meio de RMN, estava convencido de que tínhamos feito algo grande. Por isso, pedi uma licença e fui esquiar por dois anos. Foi nesse período que escrevi o segundo livro sobre a técnica, NMR of proteins and nucleic acids [RMN de proteínas e ácidos nucléicos]. Após 21 anos, ele ainda é vendido e acho que está na 38ª edição.

No fim da década de 1970, o senhor viajou muito, visitando outros laboratórios e pesquisadores. O senhor considera as viagens profissionais uma importante parte de suas atividades?

Sim, porque é preciso garantir o fluxo livre de informação. Naquela época, eu era o secretário-geral da União Internacional de Biofísica Pura e Aplicada (Iupab) e também fazia parte do Conselho Internacional para Ciência (ICSU), onde integrava um grupo preocupado em assegurar a circulação livre de pesquisadores. Não concordávamos, por exemplo, que um evento científico fosse sediado em um país que não emitisse vistos para todos os cientistas participantes. Em 1981, conheci pesquisadores uruguaios e financiei sua participação em um congresso de biofísica no México. Isso foi na época em que uma ditadura militar ocupava o país. Três anos depois, eles se juntaram à União Internacional e lhes demos uma

pequena quantidade de dinheiro — não sei quanto, mas sei que era pouco. Na semana passada, estive no Uruguai pela primeira vez e recebi um documento mencionando que, naqueles anos, durante minha participação na União, a pesquisa biológica recomeçou no país. Conseguimos também que tanto a Sociedade de Biofísica da China quanto a de Formosa se tornassem membros da Iupab.

A ciência tem hoje um alto índice de especialização. Como o senhor vê esse fenômeno?

Se alguém quiser estar na frente de seu campo, é quase impossível ser um generalista. Se for, fica para trás. Por outro lado, há casos como o meu. Minha especialização é em RMN, na qual lido com muita física teórica, mas também com muita biologia e bioquímica. Isso já é amplo demais. Além da minha formação em educação física e parcialmente em medicina, possuo ainda graduação em física e química. Isso tudo foi direcionado à melhoria de RMN e à determinação da estrutura das proteínas. Quando obtivemos a estrutura de um complexo imunossupressor, porém, fui convidado a participar de congressos médicos. Resolvemos ainda a estrutura do homeodomínio, a proteína que se liga ao DNA e regula o desenvolvimento em organismos superiores, e passei a ser convidado a congressos de biologia celular, e assim por diante. A cada vez que tinha que trabalhar em um campo novo, lia pelo menos o livro-texto fundamental da área para saber o que estava falando.

O esporte é uma parte importante da sua vida e o senhor já foi jogador de futebol. Teve oportunidade de assistir a algum jogo aqui no Brasil?

Sim, vi Vasco e Fluminense no Maracanã. Foi uma grande experiência ver o estádio em ação. Fiquei bastante impressionado com a limpeza das instalações e com a disciplina das torcidas. Em alguns lugares da Europa, seria bem diferente.

É dito que os cientistas só pensam em trabalho, mas o senhor mostra que é possível manter outros interesses além da carreira. Isso é importante?

Sim, é importante que um cientista tenha essas atividades de lazer, justamente por causa da grande especialização requerida na nossa profissão. Mas o esporte é apenas uma das possibilidades. Tenho amigos, ganhadores do Nobel também, que têm, por exemplo, grande habilidade musical, de nível quase profissional. Paradoxalmente, quanto mais sucesso se tem, menos tempo sobra para essas atividades. Por isso, temos que ser práticos. É importante não criar barreiras para os passatempos. Por exemplo, minha casa fica a três minutos a pé do estádio e sempre vou lá me exercitar. Se tivesse que dirigir uma hora para fazê-lo, provavelmente não iria.

PAIS DO INTERFERON

O virologista Alick Isaacs nasceu em Glasgow, em 1921, tendo se graduado em medicina pela universidade da capital escocesa. Após trabalhar no Departamento de Bacteriologia dessa universidade, esteve na Universidade de Sheffield, Inglaterra, e em seguida foi para o Instituto de Pesquisas Médicas de Melbourne, na Austrália. Nesse período, estudou o vírus influenza, particularmente a variação genética de várias amostras de vírus e a resposta do organismo ao seu ataque. Em 1950, transferiu-se para o Instituto Nacional de Pesquisas Médicas, em Londres, onde, 10 anos mais tarde, se tornou diretor do Centro Mundial de Pesquisa sobre Influenza. Em 1957, juntamente com seu colega Jean Lindemann, anunciou que células animais infectadas por vírus produziam uma proteína de baixo peso molecular que barrava sua multiplicação. Era o interferon, que Isaacs estudaria pelo resto da vida, investigando problemas ligados à sua produção, seu mecanismo de ação e suas propriedades químicas e físicas. No início da década de 1960, enfrentou sérios problemas de saúde, mas continuou à frente do Laboratório de Pesquisa sobre Interferon, no Instituto de Pesquisas Médicas de Londres. Morreu em 1967.

Jean Lindemann, embora nascido em Zabreb, Croácia, em 1924, é cidadão suíço. Formou-se em medicina pela Universidade de Zurique e mais tarde foi trabalhar no Instituto Nacional de Pesquisas Médicas, em Londres, onde conheceu Isaacs. A profícua parceria que formaram acabou entrando definitivamente para a história da ciência. Muitos especialistas consideram que os trabalhos de Lindemann - hoje professor da Faculdade de Medicina da Universidade de Zurique, onde continua se dedicando à pesquisa sobre interferons – estão entre os mais importantes do século 20 na área de imunologia.

de insulina também foi relacionado com o uso prolongado de IFNs do tipo I, tendo se observado níveis elevados da substância no pâncreas de indivíduos recém-diagnosticados.

Embora a descoberta dos IFNs tenha sido feita por virologistas (ver 'Pais do interferon'), logo se verificou que o espectro de ação dessas citocinas se estenderia para fronteiras mais amplas do conhecimento, com reflexos em outras áreas, como a microbiologia, imunologia, biologia celular e molecular, fisiologia, bioquímica. O que não surpreende, se considerarmos que a interação vírus-hospedeiro foi e continua sendo enorme força propulsora evolutiva, moldando o genoma tanto dos vírus quanto de seus hospedeiros, na luta pela sobrevivência em distintos microamhientes

Cláudio Antônio Bonjardim

Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais

USINAS NUCLEARES, IMAGENS DE TOMOGRAFIA, CIRURGIAS A LASER, TELAS DE CRISTAL LÍQUIDO...

SAIBA NESTE LIVRO COMO A FÍSICA MUDOU A SUA VIDA



LIGUE 0800 727 8999 DU VISITE www.cienciahoje.org.br





BIOENGENHARIA

Nanovacinas: direto ao alvo

Uma feliz conjunção da nanotecnologia, engenharia, química e biologia produziu um novo tipo de vacina que pode ser inoculado em doses muito pequenas e produzido a custos reduzidos. Promissora, essa técnica de imunização, patenteada pelos autores, emprega nanopartículas para carregar o princípio ativo da vacina diretamente a células específicas do sistema imune, evitando que o composto se dissolva em outros tecidos ou órgãos do organismo. O artigo com os resultados dos testes da nanovacina em animais está em Nature Biotechnology (v. 25, n. 10, pp. 1.159-1.164, 2007)

naticamente todos nós estamos bastante acostumados com o conceito de vacina. De forma simples, uma vacina introduz no organismo uma substância que estimula a produção de anticorpos e de outras defesas naturais para combater elementos agressores externos. A vacina quase sempre contém compostos (ou fragmentos de compostos) tóxicos que, no caso, servem como estimulantes da produção de agentes naturais. Estes, por sua vez, combatem a presença desses compostos intrusos no organismo. Por essa razão, as doses das vacinas não podem ser excessivamente elevadas, sob pena de intoxicar o organismo receptor. Além disso, a produção e a purificação desses compostos podem ser bastante dispendiosas, o que também incentiva o uso de pequenas doses das vacinas. Essas duas características (toxicidade e custo) colocam um grande desafio para aqueles que estudam o desenvolvimento de novas técnicas de imunização: como aumentar

a eficiência do estímulo à produção das defesas orgânicas com doses mínimas dos agentes estimulantes?

A simples inoculação dos agentes estimulantes no organismo receptor na forma de uma solução (como usualmente é feito nas técnicas de imunização) não é muito eficiente. A razão é simples: os compostos se espalham nos fluidos orgânicos e não atingem, de forma específica, os elementos responsáveis pela produção dos anticorpos e pelas defesas naturais do organismo, ou seja, as células dendríticas residentes nos linfonodos (ou gânglios linfáticos). Estes são pequenos órgãos que existem em diversos pontos da rede linfática e atuam na defesa do organismo, produzindo anticorpos. Já as células dendríticas são estruturas que detectam que algo vai mal no organismo, estimulando a produção de anticorpos pelo sistema imunológico. Para atingir essas células em concentrações suficientemente altas, de modo a que a resposta imunológica possa ser disparada, as doses de antígenos inoculadas no organismo devem ser relativamente elevadas.

A idéia básica que um grupo de pesquisadores da Escola Politécnica Federal de Lausanne (Suíça) vem explorando para aumentar a eficiência das vacinas (e assim permitir a inoculação de doses muito pequenas, reduzindo a toxicidade e o custo) é produzir estimulantes que possam ser direcionados de forma mais específica às células dendríticas residentes nos linfonodos, evitando a dissolução em outros tecidos e órgãos do organismo. Para atingir esse objetivo, propõe-se que o antígeno seja fixado sobre pequenas partículas (nanovacinas), de dimensões nanométricas (o nanômetro, cujo símbolo é nm, é a bilionésima parte do metro), que então são inoculadas como carregadoras do estimulante diretamente para o sistema linfático.

Como as partículas têm dimensões bastante superiores às das dimensões de uma molécula (as nanopartículas têm diâmetro característico de 25 nm, enquanto as moléculas têm dimensão média inferior a 1 nm), elas não se dissolvem nos fluidos orgânicos. No entanto, como as partículas são suficientemente pequenas, elas são arrastadas pelas correntes fluidas intersticiais (entre tecidos e células) diretamente para a corrente linfática, atingindo, de forma mais precisa e eficiente, as células dendríticas presentes nos linfonodos. Testes realizados em animais pela equipe liderada por Jeff Hubbell e Melody Swartz mostram que a nova técnica de imunização é bastante promissora e pode reduzir significativamente os custos e a toxicidade do procedimento.

Para que a técnica possa funcionar a contento, são fundamentais alguns pontos: i) a partícula carregadora tem que ter a correta composição (para que não prejudique o organismo e permita a suportabilidade do antígeno); ii) a partícula tem que ter o correto tamanho (para que seja carregada pelas correntes intersticiais e não se dissolva nos fluidos orgânicos); iii) a suportabilidade tem que ser eficiente (deve ser desenvolvida uma técnica de imobilização do antígeno sobre a partícula do suporte); iv) o antígeno tem que ser corretamente desenvolvido (para sensibilizar as células dendríticas e promover a produção dos anticorpos e demais mecanismos de defesa orgânica). Trata-se, portanto, de um esforço multidisciplinar, que deve mobilizar não apenas médicos e biólogos, mas também químicos e engenheiros.

Para produzir as partículas, podem ser usadas técnicas (polimerização em emulsão) muito utilizadas para fabricar tintas e vernizes (entre muitos outros produtos de dimensão nanométrica). Para posicionar os antígenos sobre as partículas, podem ser empregados métodos (fisissorção e quimissorção) bastante comuns na produção de moléculas biológicas que aceleram certas reações químicas (catalisadores enzimáticos).

A boa notícia para os brasileiros é que essas tecnologias são dominadas por pesquisadores e técnicos do país, de maneira que a ciência brasileira pode se lançar imediatamente aos estudos nessa área.

José Carlos Pinto

Programa de Engenharia Química, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), Universidade Federal do Rio de Janeiro

SINTONIA FINA

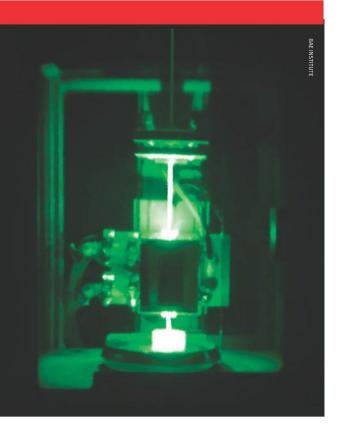
Programando férias no exterior? Dez locais a evitar, segundo a revista norte-americana Scientific American (13/09/07), por serem considerados os mais poluídos do mundo: 1) Chernobyl (Ucrânia) - afinal ninguém quer aumentar as chances de ter câncer de tireóide, um resquício do pior acidente radioativo do mundo; 2) Dzerzinsk (Rússia) – por que visitar um local onde a expectativa de vida é de apenas 45 anos, graças aos resíduos injetados no subsolo?; 3) Kabwe (Zâmbia) - a contaminação com chumbo pode chegar a 10 vezes os níveis seguros; 4) La Oroya (Peru) – empresas norte-americanas de mineração deixaram na localidade altas taxas de contaminação de chumbo, cobre e zinco; 5) Linfen (China) - a menos que o leitor queira ficar tossindo em função de pó de carvão acumulado na garganta e saciar a sede com água contaminada com o venenoso arsênio; 6) Norlisk (Rússia) - não há um pé vivo de grama ou de outra vegetação em um raio de 30 km da cidade por causa da poluição atmosférica por metais pesados; 7) Sukinda (Índia) – passando por lá, recuse qualquer oferta de água, a menos que interesse a ingestão de carcinogênicos gerados pelas minas de cromo; 8) Tianying (China) - não vale a pena, a menos que o viajante esteja guerendo conhecer de perto as mazelas causadas pela poluição por chumbo no ar e no solo; 9) Vapi (Índia) - cenário formado por resíduos e mais resíduos de cerca de mil indústrias petrolíferas, farmacêuticas, de pesticidas etc.; 10) finalmente, Sumqayit (Azerbaijão) - graças a taxas de câncer que chegam a ser 50% mais altas que a média do restante do país (sem contar a alta incidência de defeitos genéticos e retardo mental em crianças), esse ex-pólo petroquímico ganhou o título de cidade mais poluída do mundo, pela mesma organização que listou as cidades anteriores, o Instituto Blacksmith, entidade ambiental de Nova York (Estados Unidos). A lista com detalhes e fotos (a de Chernobyl é de uma crueldade ímpar) está em

Linfen, na China,
é tida como uma das cidades
mais poluídas do mundo

www.blacksmithinstitute.org/ten.php.

Segundo o inventor, Young Bae, doutor em física pela Universidade da Califórnia e fundador e dono do Instituto Bae, no mesmo estado norte-americano, o propulsor fotônico desenvolvido por ele, a partir de 'sucata', poderá fazer com que uma nave cruze os 100 milhões de km até Marte em cerca de sete dias, a velocidades que podem chegar à casa dos 100 km/s (360 mil km/h). O propulsor também é indicado para o posicionamento preciso de satélites e para retrofoguetes de atracação de naves.

O protótipo (que ainda produz apenas um jato relativamente fraco, mas com potencial para ser reforçado) foi apresentado para especialistas nos Estados Unidos e parece ter impressionado. O projeto contou com financiamento da Nasa (agência espacial norte-americana). Bae irá publicar os detalhes da turbina fotônica em Journal of Spacecrafts and Rockets. Mais detalhes (em inglês) em www.baeinstitute.com.

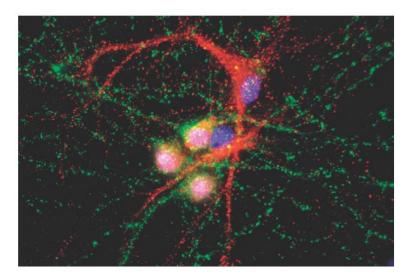


NEUROCIÊNCIAS

ALZHEIMER: DIABETES TIPO 3?

Já se desconfiava que a doença de Alzheimer pudesse ser uma nova forma de diabetes. Agora, tudo indica, veio a comprovação. Entre os autores, está uma pesquisadora brasileira.

Segundo essa recente (e promissora) linha de pesquisa, a perda de memória, que é o principal sin-



toma do Alzheimer, pode ser causada por mecanismos que envolvem a recepção defeituosa da insulina pelas células nervosas cerebrais (neurônios). A insulina é um hormônio envolvido nas duas formas conhecidas de diabetes (tipo 1 e 2), um problema em que o organismo tem dificuldade para 'digerir' açúcares. Na primeira, células do pâncreas são destruídas (ainda não se entende bem o porquê) e, sem fabricar insulina, o organismo não tem como 'quebrar' (metabolizar) as moléculas de açúcar, que agem deleteriamente sobre os tecidos quando seus níveis estão muito altos. Na de tipo 2, mais comum em idosos e obesos, o organismo do portador passa a oferecer resistência à insulina.

Esse último caso se assemelha ao que ocorre no cérebro de um portador de Alzheimer, segundo defendem os autores. A equipe da Universidade Northwestern (Estados Unidos) liderada por William Klein (e da qual

Quando as formas tóxicas da proteína beta-amilóide se ligam aos neurônios (pontos verdes), estes perdem grande parte dos receptores de insulina (pontos vermelhos), que, em uma situação normal, são encontrados em abundância na superfície dessas células nervosas KLEIN ET AL./FASEB JOURNAL

DA CONVULSÃO PARA O ALCOOLISMO •

Boa notícia para pacientes em tratamento para o alcoolismo. Uma nova droga, usada para medicar convulsões, fez com que os voluntários de um estudo diminuíssem o número de dias em que beberam pesadamente, bem como a quantidade de álcool ingerida por dia. Além disso, quando comparados com um grupo que tomou placebo (substância ineficaz), o período de abstinência foi maior. Ao todo, 371 homens e mulheres participaram da pesquisa, que durou 14 semanas. Foram divididos em dois grupos, sendo que só um deles tomou o medicamento, denominado topiramato. Porém, todos os voluntários receberam ajuda psicossocial semanalmente. Alguns efeitos colaterais apresentados pela droga: parestesia (sensações anormais na pele), mudança de paladar, alteração do apetite e dificuldades de concentração. (Journal of the American Medical Association, 10/10/07).

faz parte a pesquisadora visitante Fernanda De Felice, da Universidade Federal do Rio de Janeiro) mostrou que uma forma tóxica da proteína beta-amilóide, ao grudar na superfície dos neurônios, faz com que os receptores da insulina voltem para dentro dessas células nervosas, onde essas proteínas são fabricadas. Lá, elas começam a se acumular perto do núcleo.

Sem seus receptores específicos na superfície do neurônio, a insulina não pode 'atracar', ficando como um barco à deriva. Nessa situação, diz-se que o neurônio tornou-se resistente à insulina, de modo semelhante ao que ocorre no diabetes do tipo 2. O problema é que, no cérebro, a conexão entre a insulina e seu receptor é fundamental para a formação de memória e o aprendizado (isso explicaria a perda de memória dos portadores de Alzheimer).

Klein e De Felice acreditam que se possam adaptar medicamentos usados para tratar o diabetes do tipo 2. E que eles teriam resultados melhores que as drogas hoje usadas para Alzheimer. Se isso se mostrar verdadeiro, será um grande avanço tanto no entendimento desse quadro (ainda misterioso em alguns de seus aspectos) quanto no seu diagnóstico e tratamento. FASEB Journal, disponível em dx.doi.org com o código 10.1096/fj.06-703com

SINTONIA FINA

A busca por uma vacina contra a Aids sofreu em setembro último uma derrota com aquele adjetivo que os comentaristas esportivos gostam: fragorosa. O chamado teste STEP avaliou a possibilidade de se estimular o sistema imune a reagir de modo agressivo contra o vírus HIV, não para evitar a infecção, mas para, pelo menos, atrasar a manifestação da doença e diminuir as chances de transmissão. A vacina, denominada V520, da gigante Merck, era formada por três genes do HIV inseridos em um vírus atenuado do resfriado. Foi testada em 3 mil pessoas não infectadas da América do Norte e do Sul, bem como da Austrália. Mesmo antes do final dos trabalhos (os resultados só devem ser publicados ano que vem), concluiu-se que os números não eram promissores: em um grupo de 741 pessoas vacinadas, 24 delas se infectaram, enquanto entre os 762 outros voluntários que receberam uma vacina ineficaz, 21 pessoas contraíram o HIV, sendo que a quantidade de vírus no sangue dos dois grupos era praticamente igual. Há hoje cerca de 30 produtos em testes clínicos no mundo, sendo que a V520 era um dos candidatos mais promissores.

James Lovelock, da Universidade de Oxford (Reino Unido) e autor da hipótese de Gaia (grosso modo, a de que a Terra seria um 'organismo vivo'), trouxe a público uma idéia radical: instalar nos oceanos tubos com algo entre 100 m e 200 m de comprimento e 10 m de diâmetro, para bombear, do fundo para a superfície, algas, cuja função seria capturar carbono da atmosfera. Com isso, os autores (ele assina a carta para a revista Nature, de 27/09/07, com Chris Rapley, do Museu de Ciência, de Londres) esperam dar um jeito de a Terra se curar da patologia do aquecimento global. Eles admitem que o projeto pode falhar do ponto de vista econômico ou de engenharia, mas que a situação é tão desesperadora que vale tentar, mesmo que aspectos do impacto da iniciativa ainda sejam incertos (como a acidificação dos oceanos). Segundo eles, a remoção dos 500 bilhões de toneladas de CO2 da atmosfera está além do conhecimento tecnológico da humanidade. Encerram a carta com as seguintes palavras: "Se não podemos 'curar o planeta', devemos ser capazes de ajudá-lo a se curar."



MEDICINA Estudos indicam por que mortes aumentam em dias de ar poluído

ATMOSFERA MORTAL

Mais uma razão para garantir a qualidade do ar de sua cidade: poluição atmosférica mata. E faz isso criando coágulos sangüíneos que podem causar infarto ou derrame. O culpado é a fuligem do diesel, dizem os especialistas. Agora, dois estudos confirmaram por que naqueles períodos de ar mais poluído o número de mortes por problemas cardíacos aumenta.

O primeiro dos experimentos empregou 20 homens que já haviam sofrido ataques cardíacos. Metade deles fez duas sessões de exercício (15 minutos cada) em uma esteira, ao mesmo tempo em que aspiravam fuligem vinda de um motor de trator (segundo os pesquisadores, a quantidade de poluentes equivalia à de um dia londrino com baixa qualidade do ar).

Depois dos exercícios, verificou-se que os voluntários que respiraram a fumaça receberam menos sangue no coração e tinham o nível da proteína tPA diminuída (essa proteína é responsável por agir quando coágulos sangüíneos se formam).

O conselho dos autores, liderados por David Newby, da Universidade de Edimburgo (Escócia): exercite-se. É bom para a saúde. Mas, se a qualidade do ar não estiver boa, pense duas vezes. Explicação: quando os voluntários deixaram de respirar a fuligem, tudo voltou ao normal com o coração deles, mas, em um dia poluído, não é possível se livrar das partículas poluentes. Elas estão no ar a todo instante. E assim são maiores as chances de coágulos se formarem. Essa situação, segundo os autores, é mais preocupante para os que sofrem de problemas cardíacos.

Menos sangramento

A equipe de Gökhan Mutlu, da Universidade Northwestern (Estados Unidos), deparou-se com algo estranho quando estudava o efeito da po-

luição atmosférica em camundongos: os animais que haviam respirado ar 'sujo' (com partículas de menos de 10 milésimos de milímetro de diâmetro) não sangravam tanto.

Resolveram investigar. E daí veio uma confirmação surpreendente: esses roedores estavam com níveis altos (e anormais) de proteínas ligadas à coagulação.

Para se assegurar do que haviam observado, prepararam animais modificados geneticamente para não ter certas células do sistema imune (macrófagos) responsáveis por 'engolfar' as partículas de fuligem do pulmão. Resultado: os coágulos não se formaram.

A conclusão dos autores: a formação dos coágulos sangüíneos, quando há exposição a poluentes, começa em função da resposta do sistema imune ao problema.

Na reportagem do serviço de notícias da revista *Nature*, um dos entrevistados discordou da intermediação do sistema imune e do pulmão. Para Benoit Nemery, da Universidade Católica de Leuven (Bélgica), entrevistado pela repórter Ellen Callaway, da *Nature News*, as partículas dos poluentes chegam ao sangue e vão direto ao coração, causando o problema no órgão, segundo resultado de sua própria pesquisa.

Quando perguntado se cardíacos deveriam evitar correr maratonas, ele deu uma resposta mais lógica: a solução não é pedir que as pessoas parem de se exercitar, mas sim fazer com que os níveis de poluição atmosférica baixem.

New England Journal of Medicine, v. 375, pp. 1.075-1.082, 2007-10-16 Journal of Clinical Investigation, v. 117, pp. 2.952-2.961, 2007





O DOCINHO OU A VIDA? • Uma sobremesa doce depois das refeições cai bem para muitos. Mas pode ser que ela tenha um gosto menos agradável depois de o leitor conhecer o resultado de uma pesquisa: a ingestão de açúcar diminui em 20% a longevidade. Se os resultados, obtidos com vermes, servirem para humanos, isso representaria 15 anos a menos de vida, em média. Outra constatação do mesmo estudo: quando os vermes (modificados geneticamente para não 'digerir' glicose, um tipo de açúcar) tomaram vitaminas e antioxidantes, eles perderam todas as vantagens metabólicas que levaram ao aumento de vida (no caso, o organismo desses animais desenvolveu defesas contra a ação de substâncias deletérias para a saúde, os radicais livres). Quando voltaram ao regime normal (no qual era permitido usar açúcar como forma de energia), essas defesas, bem como a longevidade, permaneceram em parte. Os autores alertam: não joguem fora os frascos de suplementos vitamínicos e antioxidantes (pelo menos, não ainda), porque o estudo foi feito com seres bem diferentes dos humanos. Também não deixem de comer frutas, porque, além das vitaminas, há nelas muitas outras substâncias benéficas para a saúde. (Cell Metabolism, outubro de 2007)

SINTONIA FINA

A comunidade científica mundial tem sido uma caixa de ressonância favorável ao combate do aquecimento global. Porém, quanto os pesquisadores têm contribuído para as emissões com suas milhares de reuniões anuais ao redor do mundo? Essa questão torna-se mais premente agora que o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), com cerca de 2 mil cientistas, levou o Nobel da Paz deste ano (lembrete: esta seção, na edição de dezembro, será dedicada exclusivamente ao Nobel, como já é tradição em Ciência Hoje). Esse é tema de ampla reportagem em Science de 05/10/07. A matéria começa dizendo que um encontro de grandes proporções pode emitir, sobretudo em função das viagens aéreas, alguns milhares de toneladas métricas de dióxido de carbono (algo comparável ao que cerca de 2 mil carros de passeio emitem em um ano). Daí, o texto discorre sobre as várias medidas que as sociedades científicas norteamericanas estão fazendo para evitar ou compensar as emissões. Se esse tipo de atitude politicamente correta chegar por aqui, é bom conhecer desde já algumas das medidas que estão sendo tomadas por lá: i) evitar copos, sacolas e xícaras de plástico; ii) cortar boletins, folders, panfletos, folhetos, trocando tudo isso por comunicados eletrônicos; iv) trocar menos roupas de cama nos hotéis; v) fazer mais teleconferências; vi) desligar motores dos ônibus enquanto esperam; vii) pagar mais pela taxa de inscrição, dinheiro a ser investido em projetos que ajudam a sequestrar carbono da atmosfera; viii) e, para os mais radicais, cortar encontros. Mas nem todos concordam. E não conseguem imaginar um mundo sem reuniões científicas. Essa ala diz que muitas das idéias ou colaborações nascem de um bate-papo nos corredores, em uma refeição ou no cafezinho.

NEUROCIÊNCIAS

TESTE DE SANGUE PARA ALZHEIMER

Se não tivesse aparecido quando esta seção estava praticamente fechada (o alerta veio de uma colaboradora da revista), certamente seria o candidato da vez para o tópico 'Destaque'. A notícia é do tipo 'parem as máquinas': uma equipe internacional de pesquisadores anunciou um teste sangüíneo que poderá ser usado para diagnosticar Alzheimer (veja nesta edição outra nota sobre o assunto). Melhor: o método, dizem os idealizadores, poderá indicar indivíduos pré-sintomáticos, o que possibilitaria iniciar precocemente o tratamento.

O teste desenvolvido pela equipe de Tony Wyss-Coray, da Universidade Stanford (Estados Unidos), é baseado em 18 proteínas do plasma sangüíneo que podem dar uma 'assinatura biológica' de que o quadro geral pode levar ao desenvolvimento dessa doença neurodegenerativa marcada pela perda de memória e que atinge com mais freqüência idosos. Outra vantagem alegada: o teste poderia diferenciar o mal de Alzheimer de outros tipos de demência.

Os efeitos maléficos da doença de Alzheimer estão presentes muito antes de sua manifestação. Diagnóstico e tratamento feitos antes do aparecimento dos sintomas poderiam evitar esses danos. O diagnóstico da doença é difícil e caro. Apenas a necropsia dá a resposta definitiva para a questão. Um comunicado de imprensa da empresa Satoris, de São Francisco, no estado norte-americano da Califórnia, diz que 60% dos casos de Alzheimer não são diagnosticados. Nos Estados Unidos, esse percentual representaria quase 2 milhões de pessoas.

A quem interessar possa: Wyss-Coray é co-fundador da Satoris. Sim, o teste precisa ser reproduzido em estudos de larga escala. Muitas descobertas igualmente promissoras falharam nessa etapa (ver nota nesta edição sobre a vacina contra a Aids).

Nature Medicine, novembro de 2007



PSICOLOGIA

DANÇA NA FERTILIDADE

Homens podem perceber que as mulheres estão no período fértil. Foi isso o que mostrou uma pesquisa criativa realizada com dançarinas de clubes masculinos nos Estados Unidos. No período fértil, elas ganharam duas vezes mais 'gorjetas' que quando estavam menstruadas.

Foram recrutadas 18 dançarinas da região de Albuquerque, no Novo México (Estados Unidos). Por dois meses, elas registraram em uma página na internet quantas horas trabalharam, quanto ganharam e em que período estavam menstruadas. O tipo de dança que elas executam basicamente é girar sobre o colo dos clientes, que permanecem sentados. Por isso, são chamadas *lap dancers* (*lap*, em inglês, significa colo).

Ao todo, Geoffrey Miller, psicólogo evolucionista

da Universidade do Novo México, e colegas registraram 296 jornadas de trabalho (cada uma delas durava em média cinco horas), globalizando 5,3 mil sessões da dança (que, em geral, dura cerca de três minutos). Os clientes escolhem entre as várias dançarinas disponíveis no momento e pagam pela dança (na verdade, dão 'gorjetas', porque é proibido pagar por sexo no Novo México). Na média, uma dançarina fatura US\$ 14 (cerca de R\$ 25) por dança. Uma jornada de trabalho dura mais ou menos cinco horas, e elas executam algo em torno de 15 danças.

Das 18 recrutadas, 11 delas tinham o ciclo menstrual normal (as outras tomavam pílula). As primeiras ganharam, em média, US\$ 335 por jornada na fase fértil; US\$ 260 na fase em que o útero está se preparando para a menstruação; e US\$ 185 durante a menstruação (um

ZOOLOGIA

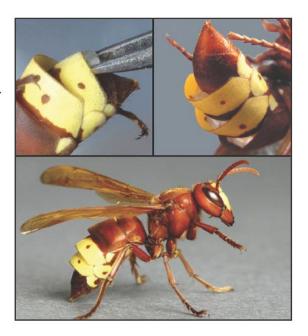
ABELHAS ASFIXIANTES

Uma vespa chega à colméia de abelhas no Chipre. Em instantes, o predador é envolto por uma 'bola' viva formada por suas presas. Minutos depois, ele está morto. Sufocado.

Essa foi a tática desenvolvida pelas abelhas melíferas da espécie *Apis mellifera cypria*, comum nessa ilha do leste do mar Mediterrâneo e em regiões locais. A tática de sufocação do inimigo funciona pelo fato de a vespa *Vespa orientalis* respirar por pequenos orifícios (espiráculos) em seu abdômen. Para abri-los e respirar, é preciso estar com as placas que formam o abdômen livres.

Já se conhecia uma estratégia semelhante de uma espécie de abelha japonesa. No caso, elas formam uma bola em volta do predador e o matam por aquecimento, pois seus ferrões não podem penetrar a 'armadura' das vespas. Elas vibram vorazmente seus corpos, criando

Vespa oriental com 'casaco' de plástico para evitar que suas placas dorsais se fechem. À direita, abelhas cipriotas formando uma 'bola de asfixia' em torno da vespa oriental





CHRISTOFOROU ET AL./CURRENT BIOLOGY (18/09/07)



pouco mais da metade do faturamento no pico de fertilidade). Aquelas que tomavam pílulas ganharam, no geral, menos e não tiveram um pico de ganhos na fase fértil.

Mas como os homens saberiam que a mulher está no período fértil? Isso ainda é um mistério. Miller, em entrevista à *CH*, esclareceu o alcance de seus resultados: "Nossa pesquisa simplesmente indicou que há algo nas mulheres durante seus picos de fertilidade, algo sobre sua aparência, voz, cheiro, movimento ou psicologia que faz com que elas sejam mais freqüentemente escolhidas para executar a dança quando comparadas com suas concorrentes."

Evolution and Human Behavior, 28/09/07 on-line

calor, e a temperatura chega a 45°C no centro da bolota, o que é mortal para a vespa. Porém, essa manobra, denominada bola de calor, não funciona para as vespas orientais, predadoras das abelhas cipriotas, pois estão acostumadas ao calor intenso da região mediterrânea.

Para testar a hipótese da chamada 'bola de asfixia', Alexandros Papachristoforou, da Universidade Aristóteles de Tessalônica (Grécia), e colegas fizeram basicamente dois testes. Primeiro, tamparam as placas dorsais (tergitos) que cobrem os espiráculos. Ao bloquear duas delas, a respiração da vespa diminuiu 33%; com quatro delas, esse índice subiu para 87%.

Aí, veio a parte mais engenhosa do experimento: os pesquisadores produziram pequenos 'calços' de plástico (figura) para evitar que as placas se fechassem. Essas vespas levaram quase 1,5 hora para serem mortas, cerca do dobro do tempo necessário para a asfixia em condições normais.

Segundo outro autor, Gerard Arnold, do Laboratório Evolução, Genoma e Especiação (França), as abelhas cipriotas foram capazes de identificar o 'calcanhar-de-aquiles' das vespas. Para Papachristoforou, o fato de o Chipre ser uma ilha isolada fez com que as abelhas de lá não enfrentassem muitos novos predadores, o que lhes permitiu desenvolver uma tática de enfrentamento sob medida para explorar a fraqueza de seu predador nativo. *Current Biology*, 18/09/07

SINTONIA FINA

Saiu um 'catatau' de 356 páginas com o seguinte objetivo: banir da prateleira das farmácias nos Estados Unidos medicamentos contra tosse e resfriado para crianças com menos de seis anos. Esses produtos, que lá batem na casa dos 800 itens, segundo reportagem do New York Times, foram acusados pelo relatório do FDA (órgão norte-americano responsável pela aprovação de remédios e alimentos) de terem poucas evidências a favor de sua eficácia, e de acumularem cada vez mais dados sobre serem perigosos. Nos últimos 37 anos, diz o relatório, 54 crianças morreram por tomarem descongestionantes, e 64, anti-histamínicos. Relatório anterior, de associação ligada ao direito dos consumidores, alegou que, em 2004 e 2005, cerca de 1,5 mil crianças com menos de dois anos de idade sofreram sérios problemas de saúde por causa desses medicamentos. Um dos motivos: por décadas, considerou-se o organismo das crianças semelhante ao dos adultos. Hoje, sabe-se que, por exemplo, em crianças, medicamentos contra resfriado e tosse têm o mesmo efeito que placebo (substância ineficaz). Cerca de 2% dos medicamentos nos Estados Unidos não têm aprovação do FDA. A mensagem do relatório é: oficializar ou parar de vender. A briga promete ser de cachorro grande: de um lado o poderoso FDA; de outro, um mercado de US\$ 2 bilhões/ano.

É sempre preciso cuidado para lidar com estatísticas (um político brasileiro já disse que elas são como o biquíni: revelam quase tudo, mas escondem o essencial), mas um relatório da Organização das Nações Unidas sobre Educação reforça o retrato do Brasil como o país dotado do melhor do Primeiro Mundo e do pior do Quarto Mundo. 'A Educação Conta', no qual são comparados 19 países, mostra que, no Brasil, 0,6 milhão de jovens formam-se no nível superior (a China é campeã mundial, com 2,4 milhões, mais que os Estados Unidos, com 1,4 milhão; o Japão, com 0,6 milhão; e a França, com 0,3 milhão, juntos). Porém, quando o assunto é o percentual de jovens que obtêm um diploma de nível superior, o país (com 17%) perde para a Jordânia (31%), Tailândia (25%), Egito (23%) e Filipinas (19%). A Rússia, em 1º lugar, fica com 42,9%. Porém, o Brasil faz bonito no percentual de mulheres graduadas: cerca de 65%, primeiro lugar da lista. Outro ponto de destaque: o Brasil gasta com cada estudante 100% do valor do Produto Interno Bruto (PIB) per capita, ficando atrás apenas da Índia (que gasta 126%). Outra nódoa do sistema educacional brasileiro: o país amargou um último lugar no número de horas de ensino acumuladas por estudantes de nove a 14 anos de idade, com pouco menos de 5 mil horas. A Indonésia ficou em 1º, com pouco mais de 7 mil horas. Para quem quiser ler o relatório completo (em inglês) ou uma versão resumida em português: www.uis.unesco.org.

MUNDO DE CIÊNCIA

MEDICINA

ACUPUNTURA E DOR NAS COSTAS

Dor lombar? Talvez seja melhor apelar para a acupuntura e deixar de lado o tratamento convencional. Isso foi o que mostrou um estudo sobre esse tipo de dor nas partes mais baixas das costas. A lombalgia é o segundo tipo de dor mais comum nos consultórios médicos e uma das principais causas de incapacidade física temporária e de falta ao trabalho.

Um grupo de 1.162 pessoas (média de 50 anos de idade), com pelo menos oito anos de reclamação de dor lombar crônica, foi dividido em três subgrupos. O primeiro foi submetido a sessões de acupuntura tradicional chinesa (denominada *verum* e na qual as agulhas são enfiadas em várias partes do corpo e a profundidades que vão de 5 mm a 40 mm). O segundo fez sessões de acupuntura *sham* (que só espeta as agulhas superficialmente na região lombar). O último recebeu tratamento convencional (medicação, fisioterapia e exercícios).



Todas as sessões duravam 30 minutos, realizadas duas vezes por semana. Os que alegavam resultados parciais ganhavam sessões extras. Os autores estabeleceram um critério comum para avaliar a resposta às três terapias. Seis meses depois (e segundo esse critério), a taxa de resposta foi a seguinte: 47,6% na acupuntura *verum*; 44,2% na *sham*; 27,4% no método convencional. Segundo os autores, "a acupuntura mostrou-se um tratamento efetivo e promissor para a dor crônica lombar, com poucos efeitos colaterais e baixo nível de contra-indicação".

Archives of Internal Medicine, 24/09/07

ÔMEGA 3 E DIABETES • Resultados preliminares: a gordura ômega 3 pode diminuir o risco de diabetes do tipo 1 em crianças propensas a desenvolver esse quadro. Entre 1994 e o ano passado, foram acompanhadas 1.770 crianças com risco elevado para a doença. Questionários revelaram o que elas comeram com mais freqüência a partir de um ano de idade. Aquelas cuja alimentação incluiu ômega 3 (muito presente em peixes) apresentaram 55% a menos de risco quando comparadas às que geralmente não ingeriam esse tipo de gordura. O diabetes do tipo 1 (também denominado melito) é uma doença auto-imune na qual ocorre, por fatores desconhecidos, a destruição das células beta do pâncreas, responsáveis por fabricar a insulina, um hormônio com papel importante na 'digestão' de açúcares. (Journal of the American Medical Association, 26/09/07)



AMAZÔNIA MAIS VERDE... NA SECA • Mais um daqueles conflitos entre dados experimentais e modelos. Dessa vez, tem a ver com a floresta amazônica, cuja folhagem perene ficou mais verde na seca de 2005, diferentemente do que previam alguns modelos. Os autores (entre eles, Humberto Ribeiro da Rocha, da Universidade de São Paulo) mediram, entre julho e setembro daquele ano, no período de seca, o quão verde estava a copa das árvores. Os resultados indicam que, pelos menos em curto prazo, a Amazônia pode ser mais 'robusta' do que indicam as previsões feitas com base em modelos que incluem clima e ciclo de carbono. Os autores, que pedem a incorporação desses resultados aos modelos para a Amazônia, ressaltam, porém, que esses dados não devem ser usados como argumento para justificar uma pretensa 'robustez' da floresta aos constantes ataques (entenda-se, queimadas e desflorestamento) a que ela vem sendo exposta. (*Science*, 21/09/07)

Cássio Leite Vieira

Ciência Hoje/RJ

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE REUROSCIENCE, NATURE NEWS, NATURE MATERIALS, GENE THERAPY, PHYSICS NEW UPDATE (THE AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW FOCUS (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY), PHYSICS WEB SUMMARIES (INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW LETTERS, SCIENTIFIC AMERICAN, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, EUREKALERT EXPRESS, THE PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, BBC SCIENCE/NATURE, NEW SCIENTIST, NANOTECHWEB NEWS ALERT, FOLHA DE S. PAULO, AGÉNCIA FAPESP, CELL PRESS, CHANDRA DIGEST, ASTROPHYSICAL JOURNALS, GRAVITY PROBE B UPDATE, INTERACTIONS NEWS WIRE, MEDICAL NEWS TODDY, ALPHAGALLEU, ROYAL SOCIETY LATEST UPDATE, SCIDENNET, UNIVERSO FÍSICO, SCIDENNET WERKLY UPDATE, DIKCED UP FOR YOU (II. WACHSMUTH) (JERN)

A volta de Lamarck

Franklin Rumjanek

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



uando se menciona o nome de Jean Baptiste Pierre A. de Monet, o cavaleiro de Lamarck (1744-1829), para estudantes (e até professores) do ensino médio ou superior, quase sempre a resposta envolve duas reações: uma expressão de escárnio e uma menção depreciativa, em geral envolvendo o pescoço da girafa. Pior que o esquecimento, o exemplo da girafa como síntese da visão evolucionista de Lamarck o condenou à ignomínia. Poucos recordam que Lamarck contribuiu muito para a ciência, tendo inclusive cunhado a palavra 'biologia'.

O cientista francês deixou um impressionante legado, que inclui a sistematização da botânica, em um tratado sobre a flora francesa, e publicou obras fundamentais sobre animais invertebrados, hidrogeologia e climatologia. É interessante notar que a tendência de sistematizar as coisas, atividade que com freqüência inspira grandes cientistas (entre eles o sueco Carl Lineu e o russo Dmitri Mendeleev), teve igualmente influência positiva para Lamarck. Nesse caso, a iniciativa de arrumar a casa produziu duas conseqüências.

Em primeiro lugar, ele criou, de modo não intencional, os conceitos da museologia moderna. Antes de Lamarck, os museus abrigavam quase sempre amontoados de peças distribuídas aleatoriamente, sem qualquer critério classificatório. Ao reconhecer características comuns entre organismos variados, ele os ordenou e assim tornou mais fácil e educativa a visita a museus. Além disso, o exercício de ordenar animais e plantas fez com que Lamarck mudasse radicalmente de opinião sobre a natureza. Antes, ele acreditava no fixismo – a idéia de que todos os seres vivos teriam surgido na mesma época e o número de espécies seria invariável. Tendo ponderado sobre as diferenças e semelhanças entre os organismos, surgiu para Lamarck o conceito de 'transmutação', ou seja, de que a natureza vivia em um constante estado de transformação.

A transmutação, portanto, foi a primeira interpretação evolucionista da biologia, e ficou imortalizada quando Lamarck a publicou, em 1809, no livro *Filosofia zoológica*. A pergunta que estimulou essa obra foi pertinente e central: por que os organismos tendem a aumentar sua complexidade? Essa é uma pergunta para a qual ainda não existe uma resposta completa. Voltando à interpretação lamarckiana, o calcanhar-de-aquiles desse trabalho foi a noção de que é o indivíduo que se transforma. Para Lamarck, estímulos externos induziriam nos organismos o que chamou de "sentimentos interiores". Essa reação faria com que certos fluidos se concentrassem em partes específicas, gerando mudanças adaptativas (por exemplo, o crescimento do pescoço da girafa, para alcançar folhas de árvores

altas). Além disso, as mudanças adquiridas pelos organismos seriam, segundo o cientista, transmitidas aos seus descendentes.

Mais tarde, o inglês Charles Darwin (1809-1882) introduziu, com o livro *A origem das espécies*, sua visão populacional sobre a evolução, que enterraria o modelo de Lamarck. No entanto, como sabemos, em ciência nada é absoluto e imutável. Por isso, os que conhecem a história da

A biologia molecular está produzindo resultados que caminham para reabilitar a teoria lamarckiana

ciência raramente afirmam que seus resultados compõem modelos definitivos. Hoje, a biologia molecular está produzindo resultados interessantíssimos que caminham para reabilitar a teoria lamarckiana.

Experimentos sobre mudanças epigenéticas no DNA (adição de radicais a este, após sua síntese) carregam em si uma mensagem no mínimo não ortodoxa: a de que as mudanças adquiridas pelo material genético são transmitidas aos descendentes. Curiosamente, tais mudanças também são provocadas por fatores que frouxamente poderiam equivaler aos "sentimentos interiores" de Lamarck. Existem muitos exemplos de estudos desse tipo, envolvendo principalmente plantas. Os resultados mais impressionantes, porém, talvez sejam os que vêm de pesquisas recentes sobre células tumorais. Cada vez mais acredita-se que as modificações epigenéticas sejam cruciais para que uma célula normal se transforme em tumoral. Tais mudanças, que também podem ser causadas pelo ambiente, são estáveis e transmitidas a muitas gerações de células-filhas. O câncer representa um flagelo para a humanidade, mas podemos encará-lo também como gerador de células prototípicas da evolução. Se isso for confirmado, as gerações futuras terão se adaptado ao ambiente seguindo um trajeto evolutivo no qual a contribuição lamarckista não seria desprezível.



do tica bro

Pesquisas recentes mostram que a capacidade dos seres humanos de realizar operações matemáticas depende de uma propriedade inata do cérebro. Essa propriedade está presente também em animais e crianças muito pequenas. Em humanos adultos, somam-se a essa capacidade as interações sociais, produto da evolução cultural. Esta última permite às pessoas fazer operações complexas que superam aquelas efetuadas apenas com a capacidade biológica inata.

Julia Martinez e Pablo Argibay

Unidade de Ciências Cognitivas, Instituto de Ciências Básicas e Medicina Experimental, Hospital Italiano de Buenos Aires (Argentina)

Este artigo foi publicado originalmente na revista argentina Ciencia Hoy



cos foi adquirida ao longo de sua evolução cultural. Esse ponto de vista reflete-se nas versões existentes sobre a história da matemática, a maioria das quais afirma que a evolução do conhecimento matemático consiste no acúmulo de uma série de ganhos no contexto de determinadas culturas. Como esses ganhos graduais são incorporados depois por outros grupos, há um processo evolutivo, ou seja, melhoram as idéias preexistentes e ocasionalmente agregam novos conceitos ao conjunto de conhecimentos a que se denomina matemática.

Nos textos de história e filosofia da matemática pouco se diz sobre a presença ou não, no cérebro humano, de uma capacidade inata para processar objetos matemáticos e estabelecer relações entre eles, capacidade que existiria mesmo em espécies animais distantes do ser humano. Neste artigo analisaremos alguns aspectos dessa questão, tratando particularmente de responder – mesmo que de forma parcial – às perguntas:

- O conhecimento de objetos matemáticos é exclusivo da cultura e portanto limitado ao ser humano?
- Se confirmada essa exclusividade, animais e crianças em fases muito precoces de seu desenvolvimento são incapazes de lidar com objetos matemáticos? Ou, ao contrário, a habilidade matemática é um ganho evolutivo presente em várias espécies, mas desenvolvida ao máximo pelo cérebro humano?
- \bullet Existe alguma relação entre habilidades matemáticas e funções e áreas cerebrais específicas?



Habilidades matemáticas em animais e crianças

Mesmo na ausência de treinamento prévio, uma leoa é capaz de reconhecer se um grupo rival de leões é mais ou menos numeroso que o grupo a que ela pertence e usar essa informação para decidir se vai enfrentá-lo ou não para buscar alimentos para ela e suas crias. Exemplos assim são numerosos e parecem indicar que, no reino animal, uma apreciação do conceito de quantidade, mesmo que grosseira, é necessária para a sobrevivência de cada espécie.

Essa capacidade inata tem sido evidenciada a partir de estudos em crianças na primeira infância (com até um ano).

Estudos de psicologia cognitiva realizados nas universidades Harvard e de Paris demonstraram que, entre os seis e sete meses de idade, os bebês já são capazes de discriminar visualmente e sem treinamento prévio entre conjuntos de dois e três elementos (ver 'Psicologia cognitiva'). Para comprovar isso, foram projetadas imagens que os bebês observaram detidamente durante certo tempo. Quando um bebê deixava espontaneamente de olhar para a imagem, esta era substituída por outra diferente. As primeiras imagens continham dois pontos pretos separados por distâncias diferentes. Quando as crianças paravam de olhar para a imagem, esta era substituída por outra que tinha três pontos. Imediatamente após a substituição, o bebê voltava a olhar para a nova imagem fixamente durante um período mais longo. Os mesmos resultados foram obtidos ao mudar a ordem de apresentação das imagens, mostrando primeiro as que continham três pontos e depois as de dois pontos.

Também foram feitas pesquisas semelhantes em recém-nascidos, com resultados similares. Com base nesses achados, postulou-se que os bebês têm uma capacidade inata para o processamento numérico ou, pelo menos, que mudanças na quantidade dos objetos observados atraem sua atenção.

Também foi possível determinar que os recémnascidos podem discriminar entre palavras de duas ou três sílabas, percebendo o conteúdo fonético, a duração e a velocidade do discurso.

Em um estudo diferente com bebês de cinco meses de idade, uma marionete era colocada em um cenário e em seguida coberta com uma cortina. Depois, outra marionete idêntica à primeira era apresentada na frente da cortina enquanto o bebê observava. Quando a cortina era aberta e apareciam ambas as marionetes, o bebê não se surpreendia e não observava por muito tempo o cenário. No entanto, se a marionete oculta era retirada sem o bebê ver, ele, quando a cortina era aberta, ficava olhando o cenário por um tempo mais longo. O mesmo acontecia quando apareciam três marionetes. Essas respostas indicam que o bebê pode interpretar que a soma de um mais um é dois, e não três ou um.

No Laboratório de Estudos do Desenvolvimento da Universidade Harvard, o grupo liderado pela psicóloga Elizabeth Spelke observou que crianças de seis meses de idade podem discriminar visualmente entre quantidades apresentadas como quocientes de '2' - entre 16 e 8, por exemplo. O mesmo acontece na percepção das quantidades em forma auditiva, o que avaliza a noção de que os bebês são 🦼 capazes de processar as quantidades de forma abstrata independentemente do modo de apresentação, seja ele visual ou auditivo.

Os bebês humanos parecem, portanto, ter a capacidade inata de realizar cálculos aritméticos. Está claro, no entanto, que as habilidades numéricas nos bebês estão intrinsecamente limitadas ao mais elementar da aritmética mais simples - a cultura fará o resto. A capacidade dos bebês para fazer cálculos exatos, por exemplo, parece não se estender muito além do uso dos números 1, 2 e 3, e talvez 4. Essa capacidade rudimentar, porém, seria a base sobre a qual se desenvolveria o conhecimento aritmético mais complexo. Assim, como propõe o grupo de Spelke, os bebês vêm ao mundo mentalmente equipados com certos sistemas básicos para ordenar o mundo.

Essa proposta não apenas tem importantes conotações na psicologia cognitiva como também afeta o cerne de

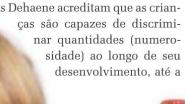
PSICOLOGIA COGNITIVA

Esse ramo da psicologia encarrega-se do estudo dos processos mentais de conhecimento envolvidos no comportamento. Tem como objeto de estudo os mecanismos básicos e profundos pelos que se elabora o conhecimento, desde a percepção, a memória e a aprendizagem até a formação de conceitos e o raciocínio lógico.

muitas das idéias filosóficas que servem de base ao empirismo extremo e de alguma maneira se relaciona com posições mais próximas às propostas pelo filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804). Entretanto, não falaremos disso neste artigo.

Por outro lado, do ponto de vista da pedagogia clássica, as novas hipóteses que resumimos reformulariam de algum modo as do psicólogo suíço Jean Piaget (1896-1980), quem postulava que os bebês nasciam com capacidades sensoriais, mas não com a capacidade inata de processar objetos numéricos (ver 'Piaget e as etapas do desenvolvimento psicológico'). Spelke afirma que mesmo os recém-nascidos entendem que as coisas existem quando ainda não as viram, e que, além disso, os humanos estão dotados de sentido natural da geometria, habilidade que lhes permite se orientar no espaço. Podemos dizer que a geometria inata é de alguma forma euclidiana e que outras formas de geometria menos intuitivas são produtos da evolução cultural.

Tanto Spelke quanto seu colega francês Stanislas Dehaene acreditam que as crian-



PIAGET E AS ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO PSICOLÓGICO

O psicólogo e biólogo suíço Jean Piaget, conhecido especialmente por seus estudos sobre o desenvolvimento cognitivo das crianças, classificou as fases de desenvolvimento em:

- 1. ETAPA SENSÓRIO-MOTORA (ZERO A 2 ANOS): as crianças mostram uma grande curiosidade pelo mundo que os rodeia, sua conduta está dominada pelas respostas aos estímulos (reflexos).
- 2. ETAPA PRÉ-OPERACIONAL (2 A 7 ANOS): entre os 2 e 4 anos, a criança mantém uma postura egocêntrica, acha que é o centro de todos os sucessos, que todas as coisas giram em torno dela, sendo muito difícil ver as coisas de outro ponto de vista. Dos 4 aos 7 anos, a criança é capaz de pensar as coisas através do estabelecimento de classes e relações, e do uso de números, mas tudo de forma intuitiva, sem ter consciência do procedimento utilizado.
- 3. ETAPA DAS OPERAÇÕES CONCRETAS (7 A 11 ANOS): o pensamento da criança é literal e concreto, pode compreender que 8 + 11 = 19, mas a formulação abstrata, como a de uma equação algébrica, supera sua capacidade.
- 4. ETAPA DAS OPERAÇÕES FORMAIS (11 A 15 ANOS): a criança é capaz de chegar a conclusões; é a fase que corresponde às faculdades superiores dos seres humanos

emergência da linguagem e a discriminação numérica simbólica. Em uma de suas últimas publicações, esses pesquisadores consideram que embora alguns conceitos numéricos, como o de 'números reais', sejam patrimônio apenas de humanos adultos, outras habilidades numéricas estão presentes também em crianças e ainda em outras espécies. Entre essas habilidades numéricas estão as relacionadas com um sistema mais rudimentar de captação de grandes diferenças entre quantidades e um sistema de aproximação. Ao chegar à fase adulta, os humanos desenvolveriam um sistema mais 'fino', que permite a representação precisa de quantidades pequenas. Demonstrou-se, por exemplo, que as crianças em idade pré-escolar são capazes de comparar e de somar conjuntos de elementos apresentados de forma visual ou auditiva e que o fazem sem sequer tentar contá-los, como se uma simples olhadela ou escuta de conjuntos de elementos pudessem ser processados instintivamente.

Muito além do interesse acadêmico, os resultados que acabamos de comentar podem ser de utilidade na educação em geral e no ensino da matemática em particular. Os conhecimentos relatados permitem desenvolver estratégias baseadas no aproveitamento das intuições sobre aritmética preexistentes nas crianças para aumentar a aquisição do conhecimento numérico simbólico.

Existe uma geometria inata?

Voltando à geometria, cabe perguntar agora qual é a base dessa disciplina e refletir se a captação crítica do mundo pelos sentidos, que parece obedecer ou ser a base da geometria euclidiana (aquela que se ensina na escola), se deve a razões culturais ou ao fato de nascermos com uma organização cerebral que nos permite perceber o mundo dessa maneira. Discernir entre essas duas possibilidades é mais que difícil, uma vez que requer a tarefa de encontrar um grupo humano suficientemente isolado da cultura e da escolarização geométrica tradicional, típica da maioria das escolas ocidentais e orientais.

Isso foi conseguido recentemente por pesquisadores do Instituto Nacional de Saúde e Pesquisa

Médica da França (Inserm, na sigla em francês) e da Universidade Harvard. Eles estudaram a tribo Munduruku, do Amazonas, que é suficientemente isolada para provar a hipótese do 'instinto geométrico' inato. Os resultados desse estudo, publicados na revista norte-americana Science, mostraram que tanto as crianças quanto os adultos do grupo utilizam conceitos geométricos básicos como os de 'ponto', 'linha', 'paralela' e outros quando são apresentadas diversas imagens, ou para localizar objetos em planos apresentados pelos pesquisadores.

Efeito distância e efeito numérico

Para validar o significado dos estudos descritos até aqui, é importante mostrar que as habilidades matemáticas têm uma base evolutiva comum a diferentes espécies. Essa base sustenta a evolução cultural que levou a matemática ao nível de complexidade que tem hoje. Isso parece ser confirmado pela constatação de que animais e humanos partilham essas características do processamento numérico conhecidas com os nomes de 'efeito da distância' e 'efeito do valor numérico'.

O 'efeito da distância' é a redução sistemática da discriminação entre números à medida que diminui a distância que separa seus valores. O efeito determina que se demora mais para reconhecer, por exemplo, que 8 é maior que 7 do que para perceber que 8 é maior que 4.

Já o 'efeito do valor numérico' é a redução da capacidade de distinguir entre dois números que diferem em um valor constante à medida que aumenta o valor desses números. É mais fácil, por exemplo, determinar que 8 é menor que 14 do que perceber que 26 é menor que 32, mesmo que a diferença entre ambos seja a mesma: seis.

Os dois efeitos foram identificados em animais e criancas na primeira infância. Isso confirma a origem evolutiva da capacidade de processar números, mas também aponta que os animais e as crianças pequenas têm uma representação confusa dos números, e esta determina que só podem ser representados com exatidão números de baixo valor e que a representação se torna cada vez mais imprecisa à medida que os valores crescem.

Os efeitos da distância e do valor numérico persistem nos adultos, embora eles representem os números simbolicamente. Portanto, o cérebro humano adulto parece ter conservado uma representação analógica da quantidade numérica gerada pela evolução biológica e muito similar à observada em animais e em crianças antes do desenvolvimento da fala. Parece que, quando os números são apresentados em forma de dígitos arábicos ou através da fala, o cérebro adulto transforma internamente seu caráter simbólico em uma representação analógica quantitativa. Esse modo de acesso interno à quantidade parece ser um passo obrigatório no processamento numérico.

Cérebro e matemática

Além de detectar a existência de um 'sentido numérico' inato, é importante determinar que áreas do cérebro são ativadas durante a realização de tarefas complexas de cálculo. Para isso, voluntários tiveram sua atividade cerebral examinada por meio de métodos como a tomografia por emissão de pósitrons e a ressonância magnética funcional. O estudo permitiu comprovar que, durante o desenvolvimento de atividades aritméticas, o consumo de oxigênio e de glicose altera-se nos lobos frontal e parietal do cérebro, particularmente neste último, em uma região denominada 'sulco intraparietal' ou HIPS, o que indica que regiões específicas do cérebro são ativadas ao se realizar tarefas aritméticas.

O HIPS teria um tipo de mapa espacial ou 'linha numérica', ou seja, uma representação não verbal da quantidade numérica, que supostamente seria o que nos dota do conhecimento intuitivo sobre o valor dos números e a relação de proximidade entre eles. Resultados de diferentes estudos são consistentes com a hipótese de que o HIPS codifica de forma abstrata mais o significado quantitativo dos números do que os símbolos numéricos em si. Mesmo que o HIPS seja a região mais importante para o correto desenvolvimento das habilidades numéricas, não é o único sistema envolvido no processamento numérico. Numerosas pesquisas sugerem que processos baseados na linguagem desempenham um papel importante nos cálculos exatos, mas não naqueles aproximados.

Um estudo recente da atividade do cérebro permitiu diferenciar dois sistemas no lóbulo parietal que com freqüência estão envolvidos em tarefas numéricas, embora sua função primária não esteja especificamente relacionada a eles. Um é uma área situada em uma região cerebral denominada giro angular esquerdo ou AG, que está vinculada ao processamento verbal dos números. A outra área, situada na parte superior e posterior do lobo parietal (PSPL), participa provavelmente do processo de atenção. Parece óbvio concluir que as regiões que mencionamos estão relacionadas entre si, uma vez que a aproximação numérica, a representação sim-

LOCALIZACIONISMO

Esta é a doutrina que defende que distintas funções do cérebro estão localizadas em estruturas particulares dele e não em outras, como se pode observar, por exemplo, no caso da fala (localizada em áreas do cérebro esquerdo), as funções motoras (situadas no lobo frontal de ambos os hemisférios) e a recepção dos estímulos visuais (localizada nos lobos occipitais), entre outras. Atualmente, o uso de equipamentos para obter imagens do cérebro e o processamento delas em computadores permite localizar com grande precisão onde se processa uma determinada função cerebral.

bólica e a atenção são processos que ocorrem em qualquer tarefa matemática, por mais simples que ela seja.

O sucesso obtido na localização, no cérebro, de algumas das atividades ligadas ao processamento cerebral dos números parece fazer ressurgir a idéia de um 'localizacionismo' cerebral forte (ver 'Localizacionismo'). A atividade dessas áreas cerebrais específicas, porém, é provavelmente incapaz de explicar a totalidade das habilidades mentais relacionadas com tarefas complexas como o processamento numérico. Essas tarefas resultariam da integração simultânea de vários módulos do cérebro – as áreas mencionadas seriam só alguns deles. Com as técnicas disponíveis atualmente, é possível diferenciar as três regiões assinaladas acima e evidenciar que estão implicadas no processo matemático.

No entanto, quando essas técnicas são associadas a estudos neuropsicológicos, comprova-se que ao menos duas dessas regiões (o giro angular e o PSPL) não são específicas para o processamento numérico. A área que parece dotada dessa especificidade é o HIPS. Essa afirmação baseia-se no fato de essa área ser mais ativada quando as palavras percebidas se referem a números e não a outros objetos e que o grau de ativação aumenta ao se incrementar a quantidade de palavras com significado numérico. Essa resposta independe da percepção com que se apreciam os números utilizados.

Embora ainda haja muito a pesquisar, evidências cada vez mais numerosas indicam que nosso cérebro, assim como o dos animais, está equipado desde o nascimento com um 'senso numérico', e que é capaz, através de um mecanismo ainda não bem elucidado, de encontrar na realidade um paralelo com as abstratas estruturas matemáticas. As implicações são variadas e em diferentes áreas do conhecimento, desde a filosofia até a pedagogia, passando por transtornos neurológicos, nos quais se torna difícil e até impossível efetuar operações matemáticas elementares.

SUGESTÕES PARA LEITURA

BALLESTRA, M.; MARTÍNEZ, I.

e ARGIBAY, P.

'Matemáticas y
cerebro', in *Revista*del Hospital Italiano,
v. 26, nº 2,
agosto 2006.

DEHAENE, S.;
MOLKO, N.; COHEN,
L. e WILSON, A.

'Arithmetic and
the brain',
in *Neurobiology*,
v. 14, p. 218,
2004.

LIPTON, J. e SPELKE, E.

LIPTON, J. e SPELKE, E. 'Origins of number sense: large number discrimination in human infants' in *Psychol Sci*, v. 14, p. 396, 2003.

PIAGET, J. e INHELDER, B. A psicologia da criança, São Paulo: Difel, 1986.

XU, F. e SPELKE, E.

'Large number discrimination in 6-months-old infants', in *Cognition*, V. 74, p. 1, 2000.

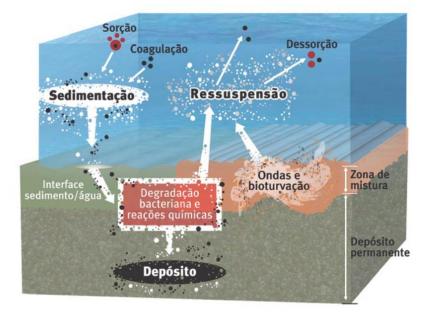
A qualidade do sedimento

Contaminação por metais pode ser ameaça a seres vivos

Os sedimentos acumulados no fundo dos corpos d'água são de grande valor para o estudo desses ecossistemas, pois constituem um registro histórico do que aconteceu no local. Substâncias tóxicas lançadas na água, por exemplo, tendem a se depositar no sedimento e, se este for agitado, podem ser novamente suspensas, voltando a causar danos aos organismos desse ambiente. Estudo recente revelou que os sedimentos da represa Rio Grande, que faz parte do complexo de reservatórios Billings, em São Paulo, contêm altos teores de metais pesados, embora exista, no local, um ponto de captação de água para abastecimento de 1,4 milhão de pessoas.

Carolina F. Mariani Marcelo L. M. Pompêo

Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

Com a intensificação das atividades humanas, em especial a partir da Revolução Industrial, iniciada em meados do século 18, muitas substâncias tóxicas aos seres vivos foram lançadas no ambiente e depositadas nos sedimentos, entre elas elementos metálicos. Os metais, diferentemente de outros compostos, não sofrem degradação, acumulando-se. Os problemas causados por metais e outros compostos tóxicos atingem organismos aquáticos e populações humanas que consomem a água não tratada adequadamente e o pescado obtido na área contaminada. Por isso é necessária a discussão sobre a qualidade do sedimento e sobre os teores aceitáveis de contaminantes para evitar a toxicidade. Esses teores ficaram conhecidos como 'valores-guia de qualidade de sedimento'.

As primeiras tentativas de determinação de valores-guia tomaram como base as concentrações de metais que seriam naturais nos ambientes. No Brasil, adotou-se o termo 'valor de referência regional', já que é preciso estabelecer esses teores para cada região (os limites de uma bacia de drenagem). Isso ocorre porque características locais e processos geológicos - tipo de rocha de onde vêm as partículas,

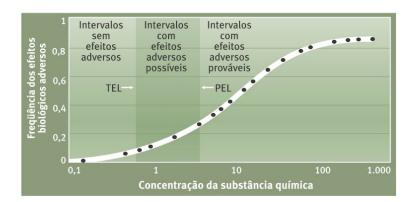


Figura 1. Diferentes processos físicos, químicos e biológicos ocorrem no sedimento e no limite deste com a água (interface), como dois tipos de agregação de partículas (sorção e coagulação), o revolvimento do sedimento por ação de organismos vivos (bioturbação) e a desagregação de partículas (dessorção), entre outros

intensidade da transformação dessas rochas e condições de erosão e sedimentação - interferem na composição natural dos solos e, portanto, na composição dos sedimentos que chegam aos ambientes aquáticos.

O maior problema para definir esses valores foi encontrar locais, nas bacias de drenagem, onde a atividade humana fosse historicamente nula. Essa dificuldade foi resolvida extraindo-se amostras das camadas de sedimento superpostas no fundo dos corpos d'água e datando-as com métodos científicos. Sabendo-se a idade de cada camada, é possível escolher uma camada de uma época em que não havia influência humana e medir nela o teor de cada metal. Os valores encontrados para os metais, nessa camada, são considerados os de referência. No Brasil, existem diversos estudos isolados que tratam de datação de sedimento, mas poucos têm como objetivo gerar valores de referência regionais que sirvam como modelo de comparação para trabalhos futuros. Por isso, os pesquisadores brasileiros usam, muitas vezes, dados estrangeiros para comparar com os seus resultados.

O sedimento é constituído por uma mistura de substâncias de diferentes classes e origens - podem ser inorgânicas ou orgânicas, estas em diferentes estágios de decomposição. Além disso, os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem em seu interior e na região limítrofe entre o sedimento e a água influenciam a composição deste e interferem na biodisponibilidade dos metais e outros compostos e na transformação gradual do material particulado em rocha sedimentar (figura 1). Um contaminante é considerado biodisponível quando pode ser facilmente assimilado pelos organismos aquáticos.

Por essas razões, logo se percebeu que os 'valores de referência regionais', embora fornecessem informações importantes sobre o aumento dos teores de metais no sedimento ao longo dos anos, tinham limitações quanto às implicações biológicas dessa contaminação. Isso levou ao estabelecimento de outros valores que considerassem possíveis interferências do teor de metais do sedimento nos seres vivos que lá habitassem. Duas outras abordagens são mais aceitas hoje. A primeira é chamada de 'equilíbrio de partição' e a segunda de 'efeito limiar'.

O equilíbrio de partição foi proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, na sigla em inglês) e baseia-se em um equilíbrio químico entre a fase sólida (partículas de sedimento) e a fase §

Figura 2. Exemplo

(conceitual)

a sedimento.

a relação entre

de efeitos (TEL)

de efeito (PEL)

e o provável nível

o nível limite

mostrando

de concentração

de uma substância

química associada

das faixas

líquida (a água próxima às partículas). Segundo o modelo, os metais estariam ora presos ao sedimento, ora livres na água. Os metais são potencialmente mais tóxicos aos seres vivos quando estão na forma de íons dissolvidos na água, porque são mais facilmente assimilados. Já os metais que permanecem no sedimento estão em uma forma que dificilmente permite assimilação (ou seja, não estão biodisponíveis).

O principal regulador dessa distribuição dos metais entre sedimento e água, nos sedimentos onde não há oxigênio, é um íon de enxofre (o íon sulfeto), que reage com metais livres na água para formar sulfetos metálicos, compostos insolúveis que se depositam no fundo. Por isso, enquanto houver sulfeto no ambiente, os metais provavelmente ficarão no sedimento. O modelo de equilíbrio de partição usa a relação entre as concentrações do íon sulfeto e de íons metálicos para avaliar se é maior ou menor a probabilidade de os últimos estarem livres na água ou presos no fundo. Quando existe excesso de íons sulfeto, em relação aos metálicos, é mais provável que os metais tenham formado sulfetos metálicos e se depositado. No entanto, para que isso ocorra, o ambiente não pode ter oxigênio, já que ao entrar em contato com esse elemento o íon sulfeto reage prontamente, transformando-se em sulfato, o que favorece a permanência dos íons metálicos na coluna d'água.

A abordagem de efeito limiar foi proposta pelo Conselho de Ministros do Meio Ambiente do Canadá (CCME, na sigla em inglês). Esse modelo fornece uma medida da qualidade de sedimento, e para chegar a seus valores básicos foi feito um estudo estatístico, usando dados de diversos trabalhos realizados naquele país, sobre o teor de metais nos ambientes aquáticos e os efeitos danosos sobre os seres vivos. O estudo permitiu definir dois valores, o 'provável nível de efeito' (PEL, na sigla em inglês) e o 'nível limite de efeito' (TEL). O maior valor, PEL, indica o teor acima do qual os efeitos adversos sobre os organismos são estatisticamente frequentes, e TEL é a concentração abaixo da qual tais efeitos são estatisticamente improváveis. Na faixa entre PEL e TEL estão as concentrações de metais com efeitos danosos estatisticamente ocasionais (figura 2).

Países como Austrália, China, Estados Unidos e Nova Zelândia seguiram o exemplo do Canadá e determinaram os próprios valores de PEL e TEL, a partir de um banco de dados com trabalhos regionais, ou adotaram os valores definidos pelo órgão ambiental canadense. No Brasil, que não estabeleceu seus próprios valores-guia, as comparações com o PEL e o TEL canadenses, embora válidas para as pesquisas, têm limitações, já que esses valores foram gerados em um país de clima temperado.

Em geral, os dados químicos de sedimento são empregados para se obter uma idéia geral da contaminação do ambiente. A tendência mundial, porém, é privilegiar metodologias com valor ecológico, que possibilitem conclusões sobre o grau de comprometimento de todo o ecossistema. O mais indicado, quando é preciso concluir se um sedimento é ou não poluído, tem sido coletar diferentes tipos de dados e, após uma análise conjunta, tomar a decisão de interferir ou não no local para amenizar os efeitos da poluição. Mesmo assim, a comparação dos teores químicos encontrados com diferentes valoresguia ainda é bastante usada e serve de base para a decisão sobre a aplicação ou não de métodos mais sofisticados no diagnóstico ambiental.

O CASO DA REPRESA RIO GRANDE

A represa Rio Grande faz parte do complexo Billings, maior reservatório de água doce superficial da região metropolitana de São Paulo, e é separada do restante desse complexo pela barragem Anchieta, sobre a qual passa a via Anchieta, primeira ligação rodoviária entre São Paulo e Santos. Perto da barragem há um ponto de captação de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), de onde são retirados 4,2 mil litros de água por segundo para abastecer uma população de 1,4 milhão de pessoas (figura 3). Esse reservatório enfrenta, historicamente, problemas de contaminação vinda

Figura 3. Na represa Rio Grande, em um ponto próximo à barragem por onde passa a rodovia Anchieta, a Companhia de Saneamento Básico de São Paulo capta água para, após o necessário tratamento, abastecer uma população de cerca de 1,4 milhão de pessoas



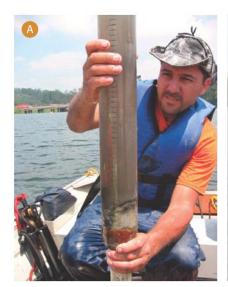






Figura 4. O equipamento de coleta de sedimento (A) permite preservar a região limítrofe (interface) entre o sedimento e a água (B). No momento da coleta são medidos (C) o índice de acidez (potencial hidrogeniônico, ou pH), a temperatura e o oxigênio dissolvido

de diversas fontes: bombeamento de água do rio Pinheiros, esgoto urbano e industrial (clandestino e não-clandestino), escoamento superficial de áreas de mineração, vazamento de óleos e outras.

Para avaliar a qualidade do sedimento, foram coletadas amostras em 29 pontos ao longo do eixo central da represa Rio Grande (figura 4) e realizadas medições, no sedimento superficial (10 cm iniciais) do teor dos metais cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo e níquel e do teor de sulfetos. Os resultados foram comparados com valores de referência para a região e com valores de PEL e TEL e do equilíbrio de partição.

Linha de tendência de aumento de cobre PFI VRR Cobre (mg/ Desembocadura do rio-Fluxo de água

Figura 5. Teor de cobre medido nos 29 pontos de coleta ao longo da represa Rio Grande (do complexo Billings) e comparação com dois valores de qualidade de sedimento, o valor de referência regional (VRR) para o alto Tietê e o provável nível de efeito (PEL)

A comparação entre sulfetos e metais revelou haver excesso de sulfeto em todos os pontos amostrados, o que indica baixo potencial tóxico, já que os metais tenderiam a estar na forma não biodisponível. No entanto, por ser rasa, a represa Rio Grande está sujeita à ação de ventos e de períodos de circulação da massa de água, que podem levar oxigênio até as proximidades do sedimento, promovendo a oxidação do sulfeto e assim possibilitando a liberação de metais para a coluna d'água. De fato, outros trabalhos realizados no Rio Grande encontraram teores de metais superiores aos de sulfeto, o que indica uma mudança possivelmente sazonal.

Todos os metais analisados mostraram concentrações médias acima dos valores de referência regionais (VRR) e quase todos (exceto níquel e zinco) superaram os valores do 'provável nível de efeito' (PEL). O maior destaque foi o cobre, para o qual foi obtido um teor médio de 1.848,84 miligramas por quilo (mg/kg) de sedimento, valor 102,7 vezes maior que o VRR e 9,3 vezes maior que o PEL. Chumbo e cádmio também mostraram concentrações elevadas. O primeiro chegou a 763,85 mg/kg (8,3 vezes acima do PEL e 12,5 vezes acima do VRR), e o segundo atingiu 10,16 mg/kg (2,9 vezes acima do PEL e 46,2 vezes acima do VRR). Nos casos de cromo e zinco, os teores encontrados foram 46% e 30% maiores que o VRR, respectivamente, enquanto o de níquel ficou quase três vezes acima do VRR. A comparação - para pontos de coleta próximos à captação de água na represa - dos resultados do nosso estudo com um levantamento feito em 2004 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) mostrou redução dos níveis de

cobre e zinco e aumento dos demais, especialmente do chumbo.

Além disso, os teores de todos os metais, exceto o zinco, tenderam a aumentar da parte alta para a parte baixa (próxima à captação de água) do reservatório. As elevadas concentrações de cobre (figura 5) são atribuídas ao uso, na represa, de um produto que contém esse metal para matar as algas e garantir a qualidade da água que chega à estação de tratamento. Após anos de aplicação, o cobre se acumulou no sedimento. Mesmo muito elevado, o teor de cobre (1.192,17 mg/kg) que encontramos em local próximo à captação de água representa 39% do valor registrado em 2004 pela Cetesb, de 3.050 mg/kg. A detecção de chumbo e cádmio no sedimento também é preocupante, pois, mesmo em pequenas concentrações, esses metais podem causar sérios danos à saúde de humanos e de outros seres vivos.

Embora os dados obtidos até agora apontem para uma pequena chance de comprometimento do abastecimento público, é necessário, para uma avaliação mais acurada dos riscos potenciais para a saúde pública da contaminação da água dessa represa, usar métodos complementares de medição dos poluentes e de seus efeitos (figura 6).

Outra questão é o consumo de peixes pela população local e por visitantes de fim de semana. Estudos sobre contaminação do tecido de peixes coletados na represa já apontavam, desde 1985, altos teores de metais e alertavam para os perigos do consumo. A contaminação de peixes pode ocorrer, mesmo se os metais não estiverem dissolvidos na água, porque estes consomem animais que vivem no fundo da represa, em contato direto com o sedimento, e que podem absorver esses metais. Até hoje muitas pessoas se alimentam do pescado obtido na represa.

Uma nova preocupação, surgida nos últimos anos, é a construção do anel viário (mais conhecido como

Rodoanel) ao redor da cidade de São Paulo. No tracado atual, o trecho sul do Rodoanel passa pela área do complexo Billings e está prevista a implantação de pilares de sustentação de viadutos dentro da represa Rio Grande, o que poderá ressuspender os metais hoje depositados no sedimento, comprometendo a qualidade da água para usos múltiplos. Para evitar isso, será necessário o uso de métodos de dragagem especiais, como dragas hidráulicas, que podem remover o sedimento com o mínimo de ressuspensão e sem deixar escapar o material dragado. Além disso, o manejo e a disposição final do sedimento retirado exige cuidados especiais, pois esse material não pode ser despejado em qualquer lugar. Também é preciso considerar que o próprio tráfego de carros e caminhões trará implicações para o ambiente, por causa dos gases e poeiras que saem dos escapamentos e do óleo e pedaços de borracha que ficam no asfalto. Essa poeira e esses gases contêm metais pesados e devem chegar até o sedimento através da atmosfera. Já os pedaços de asfalto e o óleo, que também contêm metais, devem chegar ao sedimento pela lavagem da pista pelas chuvas. Em resumo, a construção do Rodoanel precisa ser feita de modo cauteloso, para minimizar as consequências ambientais.

Os dados levantados na represa Rio Grande servem como um sinal de alerta e demonstram que é necessário estabelecer um amplo programa de monitoramento para avaliar não só alterações na qualidade da água, mas também o padrão espacial e sazonal dos teores de metais no sedimento. Além disso, devem ser consideradas diversas linhas de evidência para melhor caracterizar os riscos oferecidos por esse sedimento para o uso da água no abastecimento público. Por enquanto, a atitude mais sensata – e isso vale para a construção do Rodoanel – é não revolver os sedimentos dessa represa.



Figura 6. As avaliações da qualidade do sedimento revelaram altos teores de alguns metais que podem ser prejudiciais aos organismos que vivem na represa Rio Grande e aos humanos que consomem peixes ou a água retirados desse reservatório (ao fundo da imagem, o bairro Riacho Grande, em São Bernardo do Campo (SP)

SUGESTÕES PARA LEITURA

CARVALHO, N. de O.

Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro. CPRM, 1997. MARIANI, C. F. 'Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traco no sedimento (dissertação de mestrado). Instituto de Biologia. USP, 2006 (disponível em formato PDF na página www. teses.usp.br/teses/ disponiveis/ 41/41134/tde-16052006-121526/). MOZETO, A.A.: UMBUZEIRO, G. A. & JARDIM, W. F. (eds.) Métodos de coleta. análises físico-químicas

2006. Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) – www.epa.gov

e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce, São Carlos, Cubo Multimidia,

Canadian Council
of Ministers
of the Environment,
Environmental
Canada
(Agência
Canadense
de Proteção
Ambiental) –
www.ec.gv.ca



do tica bro

Pesquisas recentes mostram que a capacidade dos seres humanos de realizar operações matemáticas depende de uma propriedade inata do cérebro. Essa propriedade está presente também em animais e crianças muito pequenas. Em humanos adultos, somam-se a essa capacidade as interações sociais, produto da evolução cultural. Esta última permite às pessoas fazer operações complexas que superam aquelas efetuadas apenas com a capacidade biológica inata.

Julia Martinez e Pablo Argibay

Unidade de Ciências Cognitivas, Instituto de Ciências Básicas e Medicina Experimental, Hospital Italiano de Buenos Aires (Argentina)

Este artigo foi publicado originalmente na revista argentina Ciencia Hoy



cos foi adquirida ao longo de sua evolução cultural. Esse ponto de vista reflete-se nas versões existentes sobre a história da matemática, a maioria das quais afirma que a evolução do conhecimento matemático consiste no acúmulo de uma série de ganhos no contexto de determinadas culturas. Como esses ganhos graduais são incorporados depois por outros grupos, há um processo evolutivo, ou seja, melhoram as idéias preexistentes e ocasionalmente agregam novos conceitos ao conjunto de conhecimentos a que se denomina matemática.

Nos textos de história e filosofia da matemática pouco se diz sobre a presença ou não, no cérebro humano, de uma capacidade inata para processar objetos matemáticos e estabelecer relações entre eles, capacidade que existiria mesmo em espécies animais distantes do ser humano. Neste artigo analisaremos alguns aspectos dessa questão, tratando particularmente de responder – mesmo que de forma parcial – às perguntas:

- O conhecimento de objetos matemáticos é exclusivo da cultura e portanto limitado ao ser humano?
- Se confirmada essa exclusividade, animais e crianças em fases muito precoces de seu desenvolvimento são incapazes de lidar com objetos matemáticos? Ou, ao contrário, a habilidade matemática é um ganho evolutivo presente em várias espécies, mas desenvolvida ao máximo pelo cérebro humano?
- \bullet Existe alguma relação entre habilidades matemáticas e funções e áreas cerebrais específicas?



Habilidades matemáticas em animais e crianças

Mesmo na ausência de treinamento prévio, uma leoa é capaz de reconhecer se um grupo rival de leões é mais ou menos numeroso que o grupo a que ela pertence e usar essa informação para decidir se vai enfrentá-lo ou não para buscar alimentos para ela e suas crias. Exemplos assim são numerosos e parecem indicar que, no reino animal, uma apreciação do conceito de quantidade, mesmo que grosseira, é necessária para a sobrevivência de cada espécie.

Essa capacidade inata tem sido evidenciada a partir de estudos em crianças na primeira infância (com até um ano).

Estudos de psicologia cognitiva realizados nas universidades Harvard e de Paris demonstraram que, entre os seis e sete meses de idade, os bebês já são capazes de discriminar visualmente e sem treinamento prévio entre conjuntos de dois e três elementos (ver 'Psicologia cognitiva'). Para comprovar isso, foram projetadas imagens que os bebês observaram detidamente durante certo tempo. Quando um bebê deixava espontaneamente de olhar para a imagem, esta era substituída por outra diferente. As primeiras imagens continham dois pontos pretos separados por distâncias diferentes. Quando as crianças paravam de olhar para a imagem, esta era substituída por outra que tinha três pontos. Imediatamente após a substituição, o bebê voltava a olhar para a nova imagem fixamente durante um período mais longo. Os mesmos resultados foram obtidos ao mudar a ordem de apresentação das imagens, mostrando primeiro as que continham três pontos e depois as de dois pontos.

Também foram feitas pesquisas semelhantes em recém-nascidos, com resultados similares. Com base nesses achados, postulou-se que os bebês têm uma capacidade inata para o processamento numérico ou, pelo menos, que mudanças na quantidade dos objetos observados atraem sua atenção.

Também foi possível determinar que os recémnascidos podem discriminar entre palavras de duas ou três sílabas, percebendo o conteúdo fonético, a duração e a velocidade do discurso.

Em um estudo diferente com bebês de cinco meses de idade, uma marionete era colocada em um cenário e em seguida coberta com uma cortina. Depois, outra marionete idêntica à primeira era apresentada na frente da cortina enquanto o bebê observava. Quando a cortina era aberta e apareciam ambas as marionetes, o bebê não se surpreendia e não observava por muito tempo o cenário. No entanto, se a marionete oculta era retirada sem o bebê ver, ele, quando a cortina era aberta, ficava olhando o cenário por um tempo mais longo. O mesmo acontecia quando apareciam três marionetes. Essas respostas indicam que o bebê pode interpretar que a soma de um mais um é dois, e não três ou um.

No Laboratório de Estudos do Desenvolvimento da Universidade Harvard, o grupo liderado pela psicóloga Elizabeth Spelke observou que crianças de seis meses de idade podem discriminar visualmente entre quantidades apresentadas como quocientes de '2' - entre 16 e 8, por exemplo. O mesmo acontece na percepção das quantidades em forma auditiva, o que avaliza a noção de que os bebês são 🦼 capazes de processar as quantidades de forma abstrata independentemente do modo de apresentação, seja ele visual ou auditivo.

Os bebês humanos parecem, portanto, ter a capacidade inata de realizar cálculos aritméticos. Está claro, no entanto, que as habilidades numéricas nos bebês estão intrinsecamente limitadas ao mais elementar da aritmética mais simples - a cultura fará o resto. A capacidade dos bebês para fazer cálculos exatos, por exemplo, parece não se estender muito além do uso dos números 1, 2 e 3, e talvez 4. Essa capacidade rudimentar, porém, seria a base sobre a qual se desenvolveria o conhecimento aritmético mais complexo. Assim, como propõe o grupo de Spelke, os bebês vêm ao mundo mentalmente equipados com certos sistemas básicos para ordenar o mundo.

Essa proposta não apenas tem importantes conotações na psicologia cognitiva como também afeta o cerne de

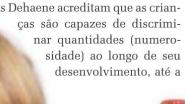
PSICOLOGIA COGNITIVA

Esse ramo da psicologia encarrega-se do estudo dos processos mentais de conhecimento envolvidos no comportamento. Tem como objeto de estudo os mecanismos básicos e profundos pelos que se elabora o conhecimento, desde a percepção, a memória e a aprendizagem até a formação de conceitos e o raciocínio lógico.

muitas das idéias filosóficas que servem de base ao empirismo extremo e de alguma maneira se relaciona com posições mais próximas às propostas pelo filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804). Entretanto, não falaremos disso neste artigo.

Por outro lado, do ponto de vista da pedagogia clássica, as novas hipóteses que resumimos reformulariam de algum modo as do psicólogo suíço Jean Piaget (1896-1980), quem postulava que os bebês nasciam com capacidades sensoriais, mas não com a capacidade inata de processar objetos numéricos (ver 'Piaget e as etapas do desenvolvimento psicológico'). Spelke afirma que mesmo os recém-nascidos entendem que as coisas existem quando ainda não as viram, e que, além disso, os humanos estão dotados de sentido natural da geometria, habilidade que lhes permite se orientar no espaço. Podemos dizer que a geometria inata é de alguma forma euclidiana e que outras formas de geometria menos intuitivas são produtos da evolução cultural.

Tanto Spelke quanto seu colega francês Stanislas Dehaene acreditam que as crian-



PIAGET E AS ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO PSICOLÓGICO

O psicólogo e biólogo suíço Jean Piaget, conhecido especialmente por seus estudos sobre o desenvolvimento cognitivo das crianças, classificou as fases de desenvolvimento em:

- 1. ETAPA SENSÓRIO-MOTORA (ZERO A 2 ANOS): as crianças mostram uma grande curiosidade pelo mundo que os rodeia, sua conduta está dominada pelas respostas aos estímulos (reflexos).
- 2. ETAPA PRÉ-OPERACIONAL (2 A 7 ANOS): entre os 2 e 4 anos, a criança mantém uma postura egocêntrica, acha que é o centro de todos os sucessos, que todas as coisas giram em torno dela, sendo muito difícil ver as coisas de outro ponto de vista. Dos 4 aos 7 anos, a criança é capaz de pensar as coisas através do estabelecimento de classes e relações, e do uso de números, mas tudo de forma intuitiva, sem ter consciência do procedimento utilizado.
- 3. ETAPA DAS OPERAÇÕES CONCRETAS (7 A 11 ANOS): o pensamento da criança é literal e concreto, pode compreender que 8 + 11 = 19, mas a formulação abstrata, como a de uma equação algébrica, supera sua capacidade.
- 4. ETAPA DAS OPERAÇÕES FORMAIS (11 A 15 ANOS): a criança é capaz de chegar a conclusões; é a fase que corresponde às faculdades superiores dos seres humanos

emergência da linguagem e a discriminação numérica simbólica. Em uma de suas últimas publicações, esses pesquisadores consideram que embora alguns conceitos numéricos, como o de 'números reais', sejam patrimônio apenas de humanos adultos, outras habilidades numéricas estão presentes também em crianças e ainda em outras espécies. Entre essas habilidades numéricas estão as relacionadas com um sistema mais rudimentar de captação de grandes diferenças entre quantidades e um sistema de aproximação. Ao chegar à fase adulta, os humanos desenvolveriam um sistema mais 'fino', que permite a representação precisa de quantidades pequenas. Demonstrou-se, por exemplo, que as crianças em idade pré-escolar são capazes de comparar e de somar conjuntos de elementos apresentados de forma visual ou auditiva e que o fazem sem sequer tentar contá-los, como se uma simples olhadela ou escuta de conjuntos de elementos pudessem ser processados instintivamente.

Muito além do interesse acadêmico, os resultados que acabamos de comentar podem ser de utilidade na educação em geral e no ensino da matemática em particular. Os conhecimentos relatados permitem desenvolver estratégias baseadas no aproveitamento das intuições sobre aritmética preexistentes nas crianças para aumentar a aquisição do conhecimento numérico simbólico.

Existe uma geometria inata?

Voltando à geometria, cabe perguntar agora qual é a base dessa disciplina e refletir se a captação crítica do mundo pelos sentidos, que parece obedecer ou ser a base da geometria euclidiana (aquela que se ensina na escola), se deve a razões culturais ou ao fato de nascermos com uma organização cerebral que nos permite perceber o mundo dessa maneira. Discernir entre essas duas possibilidades é mais que difícil, uma vez que requer a tarefa de encontrar um grupo humano suficientemente isolado da cultura e da escolarização geométrica tradicional, típica da maioria das escolas ocidentais e orientais.

Isso foi conseguido recentemente por pesquisadores do Instituto Nacional de Saúde e Pesquisa

Médica da França (Inserm, na sigla em francês) e da Universidade Harvard. Eles estudaram a tribo Munduruku, do Amazonas, que é suficientemente isolada para provar a hipótese do 'instinto geométrico' inato. Os resultados desse estudo, publicados na revista norte-americana Science, mostraram que tanto as crianças quanto os adultos do grupo utilizam conceitos geométricos básicos como os de 'ponto', 'linha', 'paralela' e outros quando são apresentadas diversas imagens, ou para localizar objetos em planos apresentados pelos pesquisadores.

Efeito distância e efeito numérico

Para validar o significado dos estudos descritos até aqui, é importante mostrar que as habilidades matemáticas têm uma base evolutiva comum a diferentes espécies. Essa base sustenta a evolução cultural que levou a matemática ao nível de complexidade que tem hoje. Isso parece ser confirmado pela constatação de que animais e humanos partilham essas características do processamento numérico conhecidas com os nomes de 'efeito da distância' e 'efeito do valor numérico'.

O 'efeito da distância' é a redução sistemática da discriminação entre números à medida que diminui a distância que separa seus valores. O efeito determina que se demora mais para reconhecer, por exemplo, que 8 é maior que 7 do que para perceber que 8 é maior que 4.

Já o 'efeito do valor numérico' é a redução da capacidade de distinguir entre dois números que diferem em um valor constante à medida que aumenta o valor desses números. É mais fácil, por exemplo, determinar que 8 é menor que 14 do que perceber que 26 é menor que 32, mesmo que a diferença entre ambos seja a mesma: seis.

Os dois efeitos foram identificados em animais e criancas na primeira infância. Isso confirma a origem evolutiva da capacidade de processar números, mas também aponta que os animais e as crianças pequenas têm uma representação confusa dos números, e esta determina que só podem ser representados com exatidão números de baixo valor e que a representação se torna cada vez mais imprecisa à medida que os valores crescem.

Os efeitos da distância e do valor numérico persistem nos adultos, embora eles representem os números simbolicamente. Portanto, o cérebro humano adulto parece ter conservado uma representação analógica da quantidade numérica gerada pela evolução biológica e muito similar à observada em animais e em crianças antes do desenvolvimento da fala. Parece que, quando os números são apresentados em forma de dígitos arábicos ou através da fala, o cérebro adulto transforma internamente seu caráter simbólico em uma representação analógica quantitativa. Esse modo de acesso interno à quantidade parece ser um passo obrigatório no processamento numérico.

Cérebro e matemática

Além de detectar a existência de um 'sentido numérico' inato, é importante determinar que áreas do cérebro são ativadas durante a realização de tarefas complexas de cálculo. Para isso, voluntários tiveram sua atividade cerebral examinada por meio de métodos como a tomografia por emissão de pósitrons e a ressonância magnética funcional. O estudo permitiu comprovar que, durante o desenvolvimento de atividades aritméticas, o consumo de oxigênio e de glicose altera-se nos lobos frontal e parietal do cérebro, particularmente neste último, em uma região denominada 'sulco intraparietal' ou HIPS, o que indica que regiões específicas do cérebro são ativadas ao se realizar tarefas aritméticas.

O HIPS teria um tipo de mapa espacial ou 'linha numérica', ou seja, uma representação não verbal da quantidade numérica, que supostamente seria o que nos dota do conhecimento intuitivo sobre o valor dos números e a relação de proximidade entre eles. Resultados de diferentes estudos são consistentes com a hipótese de que o HIPS codifica de forma abstrata mais o significado quantitativo dos números do que os símbolos numéricos em si. Mesmo que o HIPS seja a região mais importante para o correto desenvolvimento das habilidades numéricas, não é o único sistema envolvido no processamento numérico. Numerosas pesquisas sugerem que processos baseados na linguagem desempenham um papel importante nos cálculos exatos, mas não naqueles aproximados.

Um estudo recente da atividade do cérebro permitiu diferenciar dois sistemas no lóbulo parietal que com freqüência estão envolvidos em tarefas numéricas, embora sua função primária não esteja especificamente relacionada a eles. Um é uma área situada em uma região cerebral denominada giro angular esquerdo ou AG, que está vinculada ao processamento verbal dos números. A outra área, situada na parte superior e posterior do lobo parietal (PSPL), participa provavelmente do processo de atenção. Parece óbvio concluir que as regiões que mencionamos estão relacionadas entre si, uma vez que a aproximação numérica, a representação sim-

LOCALIZACIONISMO

Esta é a doutrina que defende que distintas funções do cérebro estão localizadas em estruturas particulares dele e não em outras, como se pode observar, por exemplo, no caso da fala (localizada em áreas do cérebro esquerdo), as funções motoras (situadas no lobo frontal de ambos os hemisférios) e a recepção dos estímulos visuais (localizada nos lobos occipitais), entre outras. Atualmente, o uso de equipamentos para obter imagens do cérebro e o processamento delas em computadores permite localizar com grande precisão onde se processa uma determinada função cerebral.

bólica e a atenção são processos que ocorrem em qualquer tarefa matemática, por mais simples que ela seja.

O sucesso obtido na localização, no cérebro, de algumas das atividades ligadas ao processamento cerebral dos números parece fazer ressurgir a idéia de um 'localizacionismo' cerebral forte (ver 'Localizacionismo'). A atividade dessas áreas cerebrais específicas, porém, é provavelmente incapaz de explicar a totalidade das habilidades mentais relacionadas com tarefas complexas como o processamento numérico. Essas tarefas resultariam da integração simultânea de vários módulos do cérebro – as áreas mencionadas seriam só alguns deles. Com as técnicas disponíveis atualmente, é possível diferenciar as três regiões assinaladas acima e evidenciar que estão implicadas no processo matemático.

No entanto, quando essas técnicas são associadas a estudos neuropsicológicos, comprova-se que ao menos duas dessas regiões (o giro angular e o PSPL) não são específicas para o processamento numérico. A área que parece dotada dessa especificidade é o HIPS. Essa afirmação baseia-se no fato de essa área ser mais ativada quando as palavras percebidas se referem a números e não a outros objetos e que o grau de ativação aumenta ao se incrementar a quantidade de palavras com significado numérico. Essa resposta independe da percepção com que se apreciam os números utilizados.

Embora ainda haja muito a pesquisar, evidências cada vez mais numerosas indicam que nosso cérebro, assim como o dos animais, está equipado desde o nascimento com um 'senso numérico', e que é capaz, através de um mecanismo ainda não bem elucidado, de encontrar na realidade um paralelo com as abstratas estruturas matemáticas. As implicações são variadas e em diferentes áreas do conhecimento, desde a filosofia até a pedagogia, passando por transtornos neurológicos, nos quais se torna difícil e até impossível efetuar operações matemáticas elementares.

SUGESTÕES PARA LEITURA

BALLESTRA, M.; MARTÍNEZ, I.

e ARGIBAY, P.

'Matemáticas y
cerebro', in *Revista*del Hospital Italiano,
v. 26, nº 2,
agosto 2006.

DEHAENE, S.;
MOLKO, N.; COHEN,
L. e WILSON, A.

'Arithmetic and
the brain',
in *Neurobiology*,
v. 14, p. 218,
2004.

LIPTON, J. e SPELKE, E.

LIPTON, J. e SPELKE, E. 'Origins of number sense: large number discrimination in human infants' in *Psychol Sci*, v. 14, p. 396, 2003.

PIAGET, J. e INHELDER, B. A psicologia da criança, São Paulo: Difel, 1986.

XU, F. e SPELKE, E.

'Large number discrimination in 6-months-old infants', in *Cognition*, V. 74, p. 1, 2000.

Quando proteínas são as grandes Vilãs

As proteínas são em geral vistas como importantes e necessárias para manter a saúde das pessoas. Essa boa imagem é verdadeira. Entretanto, esses compostos indispensáveis também podem entrar para o 'time adversário' e jogar contra o próprio organismo. Nesse caso, proteínas alteradas ou fragmentos protéicos se acumulam de modo desordenado e com isso provocam danos nas células, gerando doenças. Este artigo mostra o que os cientistas já sabem sobre esse tipo de doenças e como estão as pesquisas em busca de tratamentos mais eficazes.



RINS

Margaret Magdesian e Débora Foguel

Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Muitos leitores talvez não tenham ouvido falar em doenças amiloi-

dogênicas e até estranhem esse termo. Mal de Alzheimer, mal de Parkinson e doença da vaca louca são alguns exemplos dessas doenças, caracterizadas pela presença de agregados formados por proteínas alteradas ou fragmentos protéicos que podem se acumular em diversos tecidos ou órgãos do organismo. No caso das três enfermidades citadas, os depósitos protéicos são encontrados no cérebro e, por isso, elas são conhecidas como neurodegenerativas. Mas existem pelo menos outras 20 (ver 'Uma extensa lista').

Para cada uma das doenças da lista existe uma proteína 'mal comportada' que, em vez de realizar sua função normal na célula, sofre, por mecanismos ainda pouco conhecidos, alterações que a levam a se agregar e formar uma estrutura fibrilar típica conhecida como fibra amilóide (figura 1). A palavra amilóide, nesse caso, é tecnicamente incorreta, já que significa 'semelhante ao amido' e este é um polímero formado por moléculas de acúcares e não por proteínas. Essa denominação, porém, vem dos primeiros estudos com esses agregados, feitos em 1854 pelo médico alemão Rudolf Virchow (1821-1902), considerado o 'pai' da moderna patologia.

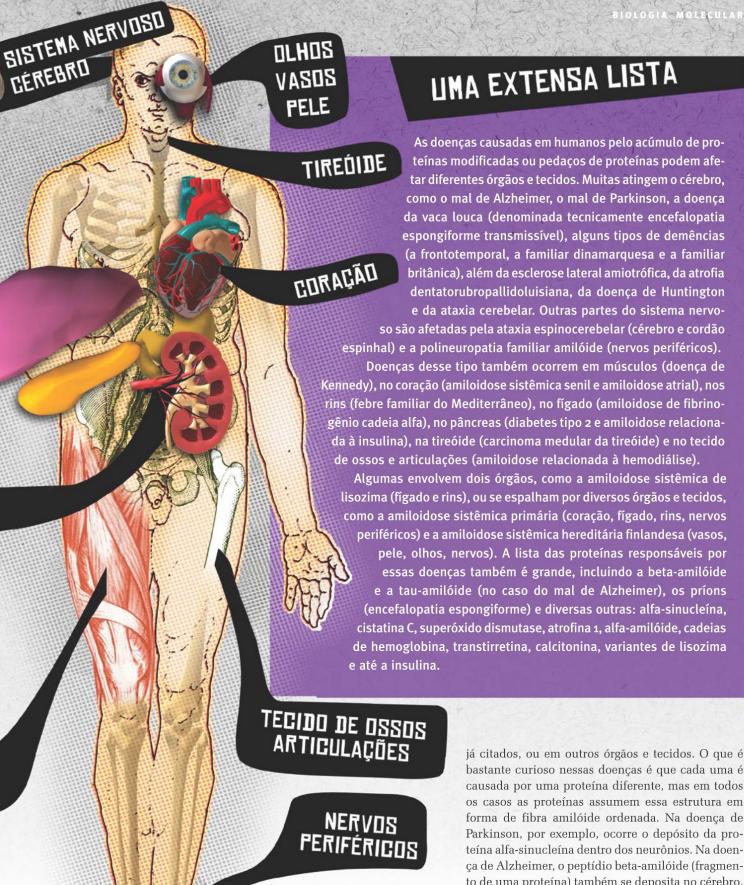
Virchow observou que agregados presentes no fígado de pacientes exibiam, em contato com iodo e após tratamento com ácido sulfúrico, uma coloração que na época era característica do amido. Isso

fez com que se acreditasse que eram de natureza glicídica, ou seja, formados por açúcares, como o amido, e por isso eles passaram a ser chamados de amilóides ou amidossímiles.



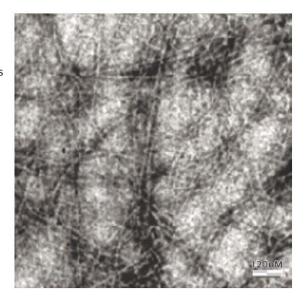
Só em 1859 estudos do químico alemão Friedrich Kekulé (1829-1896) mostraram que os agregados tinham natureza protéica e não glicídica, mas a denominação amilóide permaneceu.

Pode-se dizer que a fibra amilóide é uma espécie de 'escada' formada pelo empilhamento altamente ordenado de uma mesma proteína. Essas fibras podem ser encontradas no cérebro, como nos casos



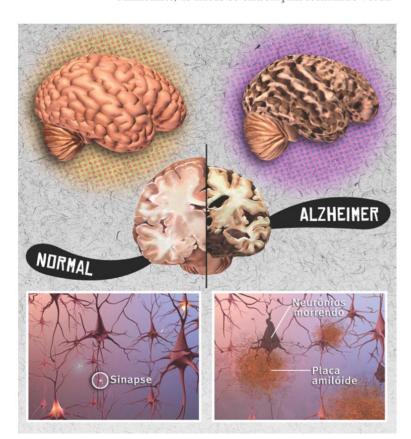
As doenças amiloidogênicas podem afetar diferentes partes do corpo humano

bastante curioso nessas doenças é que cada uma é causada por uma proteína diferente, mas em todos os casos as proteínas assumem essa estrutura em forma de fibra amilóide ordenada. Na doença de Parkinson, por exemplo, ocorre o depósito da proteína alfa-sinucleína dentro dos neurônios. Na doença de Alzheimer, o peptídio beta-amilóide (fragmento de uma proteína) também se deposita no cérebro. Na chamada amiloidose senil sistêmica é a proteína transtirretina que se deposita no coração. O mesmo ocorre nas outras enfermidades desse tipo. A presença dessas fibras em todas as doenças amiloido-



gênicas fez, obviamente, com que se acreditasse que elas estariam, de alguma forma, envolvidas com a morte das células e a consequente degeneração dos tecidos.

As fibras amilóides podem ser encontradas tanto dentro das células (como na doença de Parkinson) quanto no espaço extracelular (como na doença de Alzheimer) e sua presença leva ao mau funcionamento do tecido onde se acumulam. No caso do mal de Alzheimer, as fibras se entrelaçam formando verda-



deiros novelos entre os neurônios e esses emaranhados são conhecidos como placas senis, uma estrutura bastante característica dessa doença (figura 2).

A origem dos agregados

Mas o que poderia levar uma proteína solúvel da célula a 'dar a mão' a sua irmã ao lado e formar essa estrutura empilhada com aspecto fibrilar? Essa é uma das questões centrais nessa área de estudo e laboratórios em vários locais do mundo buscam uma resposta, já que essa informação pode ser a chave para a criação de uma droga capaz de bloquear a formação das fibras e prevenir o avanço das doenças amiloidogênicas. Nesse sentido, os laboratórios das autoras, no Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, têm concentrado seus esforços na compreensão do processo de agregação dessas proteínas e na busca de compostos que possam inibir esse fenômeno indesejado.

O que se sabe, até agora, sobre os mecanismos que promovem a formação desses agregados fibrilares? Para que esses mecanismos sejam mais facilmente entendidos, é interessante saber como uma proteína adquire sua forma final - ou, se usarmos a linguagem dos químicos de proteínas, como uma proteína se enovela (por analogia com o que acontece com um novelo de lã). As proteínas são formadas por uma següência de aminoácidos, que podem interagir bem com a água (ou seja, ter natureza polar) ou não ser capazes dessa interação (natureza apolar). Portanto, o enovelamento se dá de forma a deixar a grande maioria dos aminoácidos em uma posição adequada, em relação ao ambiente em que atuará (em geral, meios aquosos). Assim, é mais comum encontrar aminoácidos polares na periferia da proteína (em seu contorno), pois esta é a região que entra em contato com a água. Já os aminoácidos apolares estão situados mais comumente no miolo das proteínas, região mais protegida do contato com a água (figura 3).

Vamos imaginar que uma proteína seja, de fato, um novelo de lã, cujo fio é uma longa seqüência de

Figura 2. Diferenças entre o cérebro normal e o cérebro com a doença de Alzheimer. Devido à morte dos neurônios, o cérebro doente é menor e tem sulcos muito mais profundos (visão lateral, no alto), e apresenta grande redução de sua massa (cortes, ao centro). Os neurônios (abaixo) têm dificuldade de comunicação entre si, em função do acúmulo de placas senis. Com o avanço da doença, as placas ocupam todo o cérebro dos pacientes aminoácidos, colocado dentro da água. Se esticamos o fio desse 'novelo-proteína', todos os aminoácidos (polares e apolares) passam a fazer contato com a água. Essa situação, como vimos, é indesejável para os aminoácidos apolares. Por isso, o 'fio-proteína' esticado tende a se enovelar novamente, dobrandose sobre si mesmo para 'esconder' esses aminoácidos e evitar seu contato com a água. Uma situação semelhante ocorre durante a síntese das proteínas, em estruturas celulares denominadas ribossomos: por uma fração de tempo, antes do enovelamento completo, todos os aminoácidos entram em contato com a água. Para os aminoácidos polares, tudo bem! Mas para os apolares esse momento é decisivo, já que eles podem, para evitar o contato com a água, se esconder no miolo da própria proteína (o que seria o processo 'normal') ou se ligar à proteína do lado, nesse caso gerando os agregados indesejáveis mencionados anteriormente.

Quando ocorre agregação, a função da proteína fica perdida e a célula sofre pela perda dessa função, que pode ser vital. O enovelamento de uma proteína, portanto, pode apresentar armadilhas ou encruzilhadas - a proteína que está se dobrando pode seguir a rota produtiva, onde a estrutura funcional se forma, ou desviar para a rota improdutiva, estabelecendo contatos espúrios com proteínas vizinhas para gerar os agregados (figura 4). Nesse contexto, certas mutações (substituições de um aminoácido por outro na sequência da proteína) podem ser prejudiciais: se retardarem o processo de dobramento, por exemplo, cresce a chance de a proteína seguir a rota improdutiva. As mutações podem também levar à formação de proteínas que, embora enoveladas, não apresentam a estrutura correta, resultando na exposição de partes apolares à água. Essas proteínas de forma alterada também podem formar agregados nocivos.

Esse perigo existe apenas durante o nascimento das proteínas nos ribossomos? A resposta é: não. Isso pode acontecer em outros momentos, como o da 'morte' das proteínas (processo de reciclagem), quando já cumpriram sua tarefa. Nesse caso, as proteínas são direcionadas para compartimentos ácidos existentes nas células, os lisossomos, e ali a forte acidez modifica grande parte da sua estrutura - adquirem a forma do novelo com grande parte do fio esticado. Com isso, os aminoácidos apolares ficam expostos e, como tendem a evitar a água, podem estabelecer contato com proteínas vizinhas, gerando os agregados. Esse mesmo evento de perda parcial de estrutura também pode ocorrer no meio extracelular através de mecanismos ainda não totalmente esclarecidos. Além dos lisossomos, a célula dispõe de outros 'matadouros' de proteínas, entre eles os proteassomos, que atuam como verdadeiros 'tritu-

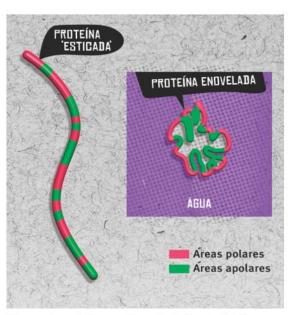


Figura 3. As proteínas contêm aminoácidos de dois tipos, os que têm afinidade com a água (polares) e os que não têm (apolares) – para evitar o contato desses últimos com a água, elas se enovelam (o esquema mostra esse processo em um plano, mas no organismo o enovelamento das proteínas é tridimensional)

radores', mas esses outros processos não serão explorados neste artigo.

Diante desses riscos, nossas células não dispõem de mecanismos capazes de evitar ou prevenir essas ligações perigosas entre as proteínas, altamente deletérias e até fatais? Felizmente, existe um sofisticado sistema que tem como objetivo prevenir essa agregação: trata-se de um conjunto de proteínas conhecidas como 'chaperonas', cuja função é evitar os contatos entre proteínas nascentes. Algumas das chaperonas funcionam como verdadeiros 'cobertores', isolando os aminoácidos apolares para evitar seu contato com aminoácidos apolares de proteínas vizinhas. Em geral, essas proteínas auxiliares permanecem nas cercanias dos ribossomos, local da síntese das proteínas, e assim que um 'novelo esticado' emerge elas se aproximam e o recobrem, impedindo seu contato com proteínas vizinhas também recém-sintetizadas. Cobertas pelas chaperonas, as proteínas nascentes ganham mais tempo para se enovelar corretamente.

Outras chaperonas funcionam como verdadeiras 'caixas com tampas': elas se abrem, para permitir a entrada de proteínas nascentes não totalmente enoveladas e, em seguida, se fecham, proporcionando internamente um ambiente livre de água que dá aos aminoácidos apolares tempo suficiente para encontrar 'o caminho de casa', ou seja, o posicionamento correto em uma estrutura funcional. Se por algum motivo uma proteína se enovela de maneira errônea

(um novelo com pedaços de fio para fora), ela é de imediato endereçada aos proteassomos para ser degradada.

Entretanto, apesar de tanta precaução, às vezes acontecem falhas, e proteínas defeituosas formam agregados (figura 5), dando origem às doenças amiloidogênicas. É claro que, com o envelhecimento do organismo, todo o controle de qualidade das células torna-se menos eficiente, o que aumenta a chance da ocorrência de doenças, inclusive as associadas aos depósitos de fibras amilóides.

O exemplo do mal de Alzheimer

Podemos tomar a doença de Alzheimer como exemplo para entender melhor o que ocorre nas enfermidades semelhantes. Essa doença foi descrita há um século (em 1906) na Alemanha, quando o neuropatologista Alois Alzheimer (1864-1915) anunciou, em um congresso científico, ter identificado uma moléstia psíquica que envolvia oscilações nos estados de ânimo e considerável perda de memória. Após a morte de uma de suas pacientes, a análise de seu cérebro revelou a presença de formações compactas que provavelmente eram as estruturas hoje chamadas de placas senis.

PROTEÍNA
DESENOVELADA
NATIVA

INTERMEDIÁRIO
DE ENOVELAMENTO

DEGRADAÇÃO PELO
PROTEÁSSONO

OLIGÔMEROS E
PROTOFIBRILAS

Figura 4. As proteínas são sintetizadas nos ribossomos e se enovelam para atingir sua configuração natural, mas durante esse processo pode ocorrer algum erro, impedindo que a proteína adquira uma estrutura estável. Essa proteína alterada pode ser encaminhada para degradação (setas azuis) pelo proteassomo, ou pode seguir outro caminho (setas vermelhas), se agregando e formando oligômeros ou protofibrilas que podem dar origem a fibras amilóides

No início dessa doença, as regiões do cérebro mais afetadas são o hipocampo e o córtex entorrinal. Tais regiões estão intimamente envolvidas com a memória explícita ou declarativa (aquela que podemos descrever usando palavras) e com o processamento de informações, o que explica por que os pacientes do mal de Alzheimer perdem a memória e a capacidade de realizar algumas tarefas cotidianas. À medida que a doença avança, outras regiões do cérebro são afetadas, o que prejudica os centros ligados à recordação, à linguagem e às emoções. Essa enfermidade acomete hoje mais de 20 milhões de indivíduos em todo o mundo e a tendência é o aumento desse número, já que a expectativa de vida vem crescendo nas últimas décadas, principalmente nos países desenvolvidos, o que favorece a manifestação das chamadas doenças da velhice.

A doença de Alzheimer é causada por depósitos de um peptídio denominado beta-amilóide, que contém de 40 a 43 aminoácidos e se origina da proteína precursora de amilóide, conhecida pela sigla APP (do seu nome em inglês). Essa proteína – com sua estrutura funcional – é encontrada na membrana das células, inclusive a dos neurônios, onde se posiciona de forma que um de seus 'lados' está voltado para dentro da célula e o outro para fora. Curiosamente, a função da APP ainda não é completamente compreendida, mas nos neurônios ela parece estar envolvida em seu crescimento, no transporte de moléculas para o seu interior, na adesão entre

células adjacentes e no controle da transcrição de genes. No entanto, ainda não foi identificado um receptor direto para a APP, ou seja, uma molécula que se liga diretamente a ela, fazendo com que cumpra as suas tarefas.

O que se conhece sobre a origem do peptídio beta-amilóide é que sua formação depende da atuação de três proteases (enzimas que degradam proteínas) conhecidas como alfa, beta e gama secretases. Como se fossem tesouras, essas enzimas cortam a proteína precursora (APP). Quando a APP é cortada pelas secretases alfa e gama, o peptídio beta-amilóide não é gerado, já que o local do corte da alfa secretase fica no meio desse peptídio. As secretases beta e gama, porém, cortam a APP exatamente no início e no final do beta-amilóide, liberandoo e desencadeando a formação das fibras (figura 6).

Uma vez que esse peptídio é formado por um trecho da APP que fica

dentro da membrana das células, ele é rico em aminoácidos apolares. Estes estão em uma situação confortável quando em contato com os lipídios da membrana celular, também apolares, mas ficam em situação incômoda quando o corte inadequado da APP os libera no espaço extracelular e eles entram em contato com a água. Nesse caso, o peptídio exibe grande propensão a sofrer agregação, gerando fibras amilóides. Muitas dessas fibras se entrelacam, arrebanhando outros compostos presentes nos arredores (glicosaminoglicanos e outras proteínas, por exemplo) para formar as chamadas placas senis.

Ainda não se sabe por que a APP é cortada às vezes pelas secretases alfa e gama e às vezes pelas secretases pela beta e gama. Sabe-se, no entanto, que todos esses cortes são fisiológicos, ou seja, naturais, já que o beta-ami-

lóide também está presente no cérebro de pessoas sadias, que não desenvolvem a doença de Alzheimer. Nos pacientes com essa enfermidade, porém, o beta-amilóide está presente em maior quantidade e se acumula no cérebro.

Além das placas senis, os pacientes com Alzheimer apresentam ainda, dentro dos neurônios, emaranhados de uma proteína, a tau, que participa da organização do 'esqueleto celular' dos neurônios – o citoesqueleto atua como uma armação interna que sustenta os componentes celulares. Esses emaranhados da proteína tau também resultam da agregação dessa proteína, que se torna hiperfosforilada, ou

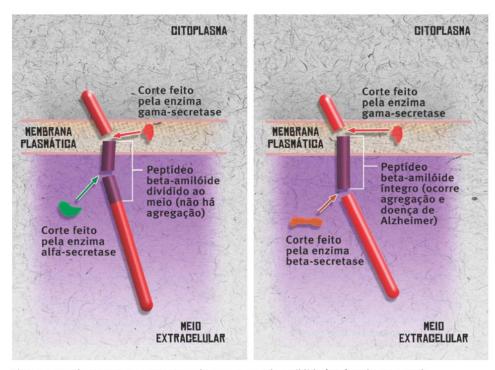


Figura 5. Estudos mostraram que a proteína precursora do amilóide (APP) pode ser cortada pelas enzimas alfa e gama secretases (A), e nesse caso não há agregação, ou pelas enzimas beta e gama secretases, liberando o peptídio beta-amilóide, que se agrega a outros, gerando as placas senis, características da doença de Alzheimer

seja, com muitos fosfatos ligados a sua estrutura, no cérebro dos pacientes com Alzheimer. Acredita-se que a hiperfosforilação da tau aconteça porque o beta-amilóide desregula algumas vias de sinalização nas células afetadas pelo acúmulo de fibras. É como se esse peptídio, ao entrar em contato com os neurônios, enviasse sinais e informações desencontradas para estes, fazendo com que modifiquem seu modo de agir e passem a fosforilar exageradamente suas proteínas, entre elas a tau.

Ao formar emaranhados, a proteína tau não pode mais participar da organização do citoesqueleto, o que prejudica a estrutura da célula. Outros fatores

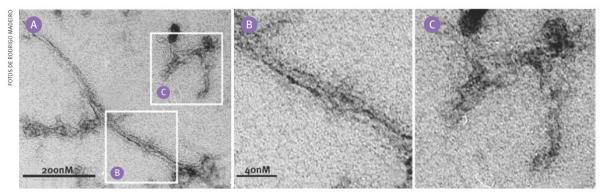
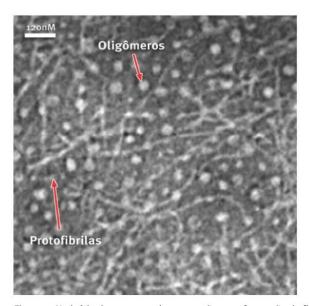


Figura 6. Imagens de microscopia eletrônica mostram estruturas intermediárias (A) da rota de agregação do peptídio beta-amilóide, e ainda, em ampliações maiores, uma fibra pronta (B) e uma protofibrila (C)



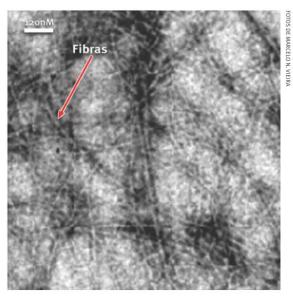


Figura 7. No início do processo de agregação para formação de fibras de lisozima, essa proteína forma estruturas como oligômeros e protofibrilas (mostradas em imagens de microscopia eletrônica)

SUGESTÕES PARA LEITURA

Ferreira, S. T.; De Felice, F. G. & Chapeaurouge, A. 'Metastable. partially folded states in the productive folding and in the misfolding and amyloid aggregation of proteins', in Cellular Biochemistry and Biophysics, v. 44(3), p. 539, 2006.

Ferreira, S. T.; Vieira, M. N. & De Felice, F. G. 'Soluble protein oligomers as emerging toxins in Alzheimer's and other amyloid diseases', in International Union of Biochemistry and Molecular Biology Life, V. 59(4-5), p. 332, 2007.

2007.
Foguel, D. & Silva, J.
L. 'New insights into
the mechanisms
of protein
misfolding
and aggregation
in amyloidogenic
diseases derived
from pressure
studies',
in *Biochemistry*,
v. 43(36), p.11.361,
2004.

Haass, C. & Selkoe, D. J.
'Soluble protein
oligomers in
neurodegeneration:
lessons from the
Alzheimer's amyloid
beta-peptide',
in Nature Reviews
in Molecular and
Cellular Biology,
v. 8(2), p. 101,
2007.

danosos, como aumento na produção de radicais livres (agentes químicos muito tóxicos), inflamação e redução do neurotransmissor acetilcolina nas sinapses, as áreas de ligação entre os neurônios, também são observados na doença de Alzheimer. Somados à presença das placas senis e dos emaranhados da proteína tau, esses fatores certamente aumentam os danos ao cérebro dos pacientes com essa enfermidade.

Seriam as fibras amilóides as reais vilãs nas doenças amiloidogênicas? Essa é uma pergunta crucial nessa área de estudo, já que é necessário conhecer o agente responsável por essas enfermidades para que se possa combatê-lo. Recentemente, um achado inesperado provocou uma reviravolta no que se pensava sobre esse tipo de doença: as fibras amilóides, que pareciam ser as principais responsáveis pelos danos observados, por exemplo, no mal de Alzheimer, não são tóxicas para células em cultura! Essa descoberta foi surpreendente porque essas fibras constituem a 'marca registrada' das diversas doenças amiloidogênicas. As dúvidas, que já não eram poucas, aumentaram: se essas fibras não são danosas às células, onde estão as vilãs da história? Onde os cientistas devem atacar para combater essas doenças?

Vários grupos de pesquisa – inclusive os das autoras – têm mostrado que, na verdade, certos fragmentos de tamanho reduzido, que aparecem antes da formação das fibras, mas dentro do processo bioquímico que leva a estas, é que são altamente tóxicas para células em cultura. Esses fragmentos (figura 7) são capazes de matar com grande eficiência várias linhagens de células, inclusive neurônios. Essa constatação tem enorme relevância, já que até agora

todas as estratégias imaginadas para a contenção ou cura das doenças amiloidogênicas (inclusive Alzheimer) voltavam-se para o desenvolvimento de compostos capazes de bloquear a formação das fibras amilóides ou dissolver as fibras já formadas. No entanto, se as fibras são inócuas e os vilões de fato são os agregados pré-fibrilares, tais medicamentos, em vez de trazer benefícios, poderiam até favorecer a doença.

A situação, no momento, é de expectativa. Os pesquisadores da área estão divididos em alguns grupos que acreditam que as fibras amilóides são as culpadas por uma série de doenças e outros grupos para os quais os agregados prefibilares são os verdadeiros agentes tóxicos e as fibras, quem sabe, poderiam até ser benéficas. Será necessário acompanhar os resultados nos próximos anos para saber quem está certo! Para os pacientes dessas doenças ou seus parentes, não é uma boa notícia, mas cabe lembrar que identificar o caminho correto certamente ajudará a encurtar o tempo da busca por um tratamento mais eficiente.

Em conclusão, pode-se dizer que as doenças amiloidogênicas, diferentemente daquelas causadas por agentes patogênicos 'tradicionais', como vírus, bactérias ou protozoários, originam-se do depósito de uma proteína (ou pedaço de proteína) que apresenta alta 'sociabilidade', nesse caso indesejada, ligando-se a proteínas do mesmo tipo e a outros compostos para gerar agregados tóxicos para as células. Já estão disponíveis alguns medicamentos capazes de controlar em parte os prejuízos que elas causam, mas infelizmente ainda não existem drogas que as curem.

Mais que mil palavras

em só de pesquisa vive a ciência – a arte também tem seu papel. As ilustrações científicas são desenhos ou pinturas que servem para representar de maneira clara e precisa animais e plantas, tanto vivos quanto extintos, artefatos arqueológicos e até etapas de uma cirurgia. Apesar dos muitos avanços tecnológicos na área da fotografia, o trabalho dos ilustradores ainda é considerado importante como subsídio à pesquisa científica. Contudo, poucas universidades têm setores dedicados a essa atividade ou à formação desses profissionais. Uma das raras exceções é o Núcleo de Ilustração Científica (NIC) da Universidade de Brasília (UnB).

Segundo o biólogo e ilustrador científico Marco Antônio dos Santos-Silva, coordenador do NIC, nesse gênero de iconografia o artista não cria, só reproduz a natureza. "Isso não quer dizer que não haja preocupação estética, mas ela tem de estar aliada à correção científica", afirma, acrescentando que a função do profissional é auxiliar o pesquisador, seja na representação de espécies ou na reconstrução de fósseis e artefatos.

Embora as câmeras digitais estejam cada vez mais acessíveis e programas de computador com manipulação de fotos cada vez mais poderosos, a realidade das pesquisas de campo torna imprescindível a presença de um ilustrador científico. "No meio da floresta ou em uma escavação arqueológica, muitas vezes torna-se difícil, ou mesmo impossível, ter acesso à tecnologia. Mas é fácil levar um estojo de aquarela e papéis", observa Santos-Silva. "A fotografia digital auxilia a produzir com mais rapidez, mas não

substitui o desenho, pois o artista é capaz de realçar detalhes que poderiam não ficar tão claros em fotos e fazer composições que juntam várias imagens em uma mesma prancha", afirma a ilustradora botânica Dulce Nascimento. "Por enquanto, nada substitui o olho huma-

Uma das vantagens da ilustração científica é a possibilidade de condensar várias informações em uma prancha. A aquarela ao lado, de Dulce Nascimento, reúne a árvore ipê-amarelo (Tabebuia ochracea) e detalhes de suas folhas, flor e galho no", acrescenta o coordenador do NIC (ver 'Tintas e pincéis são ferramentas da botânica', em CH no 135).

Demanda reprimida

Um ilustrador científico não precisa ser formado em biologia ou em artes. Um dos maiores nomes do país no setor, Etienne Demonte (1931-2004), por exemplo, como observa Santos-Silva, não tinha formação nessas áreas. A familiaridade com a ciência, no entanto, auxilia no diálogo com os pesquisadores. O problema é encontrar locais para aprender as técnicas, já que os cursos no Brasil são escassos. No exterior, a situação é diferente e uma das instituições mais procuradas é o Kew Garden, jardim botânico próximo a Londres (Inglaterra). Santos-Silva e Nascimento estudaram lá graças às bolsas oferecidas pela Fundação Botânica Margaret Mee, organização criada após a morte da famosa ilustradora da flora nacional, a inglesa Margaret Mee (1909-1988).

Santos-Silva, originalmente biólogo molecular, passou a ministrar disciplinas de ilustração científica na UnB em 1997, quando retornou do seu doutorado na Alemanha. Em 1999, o NIC foi oficialmente criado e hoje oferece quatro disciplinas de graduação e uma de pós-graduação. "A procura é muito grande – em média são 60 pessoas, entre alunos e pesquisadores, que procuram se inscrever nas disciplinas. Tenho que

Na ilustração científica, o artista não cria, só reproduz a natureza, como no caso do soldadinho (Antilophia galeata), de autoria de Marco Antônio dos Santos-Silva



recusar gente, pois há uma limitação de espaço e mão-de-obra no NIC", explica o coordenador.

Para ele, há demanda pela ilustração científica, mas ela é reprimida pelo fato de que muitos biólogos desenham seus próprios materiais, sem qualquer treinamento e sem nunca terem ouvido falar de cursos para essa atividade. "Quando há necessidade de se enviar desenhos junto com um artigo, alguns ou não mandam ou enviam ilustrações precárias", diz Santos-Silva.

A ilustradora Diana Carneiro, uma das fundadoras do Centro de Ilustração Botânica do Paraná (CIBP), também estudou no Kew Garden. Ao retornar da Inglaterra, ela se juntou a outros ilustradores para criar o CIBP, cujo objetivo é formar mão-de-obra e suprir a deA ilustração científica também pode ser usada para representar espécies extintas, como os saurópodes, além de artefatos e procedimentos cirúrgicos

manda acadêmica e comercial de ilustração científica. O centro oferece curso básico e de aperfeiçoamento, e tem cerca de 20 novos alunos por ano. "Não somos parte de qualquer instituição de pesquisa ou empresa, mas muitas vezes desenvolvemos trabalhos conjuntos", informa Carneiro. Ela conta que há alguns cursos sendo oferecidos em universidades, como as federais do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, mas ainda são poucos.

No campo específico da paleoarte, ramo da ilustração científica dedicado à representação de espécies extintas, como os dinos-

sauros, um dos maiores problemas é a falta de reconhecimento. "A paleoarte não é considerada como uma atividade científica, mas para se fazer um desenho desse tipo é necessário conhecer o ambiente em que a espécie vivia, suas características morfológicas etc.", diz a geóloga e paleoartista Renata Floriano Cunha, que trabalha em colaboração com o Museu de Ciências Naturais da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Carreira aberta

Segundo Carneiro, a situação era bastante diferente no passado. Na década de 1940, tanto o Instituto de Botânica de São Paulo quanto a Fundação Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro, incluíam ilustradores científicos entre seus funcionários. "Infelizmente, não houve renovação dos quadros", informa a fundadora do CIBP, acrescentando que a Universidade de São Paulo e a Universidade Estadual de Campinas têm alguns ilustradores, mas eles não têm vínculo com a instituição, sendo apenas prestadores de serviço.

Santos-Silva acredita que o campo está aberto, pois há pouca gente trabalhando na área e ainda há muito a ser desenhado. "Praticamente não há trabalhos sobre



CARTILHA PARA ILUSTRAÇÃO

O primeiro número da coleção *Caderno de* ilustração científica foi lançado durante a 'Semana de conhecimento e cultura', organizada pela Universidade Federal de Minas

Gerais (UFMG) entre 1º e 5 de outubro. "O objetivo é criar

material didático sobre o assunto, cuja bibliografia ainda é muito escassa", conta a ilustradora Rosa Maria Alves Pereira, idealizadora e autora dos cadernos. Editada pela Pró-reitoria de Extensão e pelo Instituto de Ciências Biológicas, em parceria com o Programa de Ilustração Científica, todos da UFMG, a coleção contará inicialmente com cinco cadernos, mas essa previsão pode ser expandida. A edição inicial, ABCDesenho, conta um pouco da história da ilustração científica e aborda conceitos básicos, como aplicações, o passo a passo do desenho, perspectiva, iluminação e texturas. "Ano que vem, devemos lançar os cadernos de ilustração botânica e médica. Mais tarde, sairão os de desenho zoológico e paleontológico", informa Pereira. A princípio, a coleção estará disponível apenas pela editora da UFMG.



espécies do cerrado e do Pantanal", conta o coordenador do NIC. Ele destaca que o meio acadêmico não é o único mercado para o profissional. "Há os guias de campo, livros voltados para o público leigo, que auxiliam na identificação de animais e plantas", diz.

Carneiro, Cunha, Nascimento e Santos-Silva são unânimes ao apontar a falta de divulgação como um dos principais problemas da atividade. "Pedi demissão de meu emprego e me dedico integralmente à ilustração científica para tentar aumentar sua difusão", fala Nascimento. Já a fundadora do CIBP conta que neste ano foi realizado o 1º Encontro Nacional de Ilustração Científica, organizado pela União Nacional de Ilustradores Científicos em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais. "Mais de 120 pessoas estiveram presentes, sendo que 20 eram ilustradores profissionais. É assim que temos de prosseguir, formando uma massa crítica para mostrar ao público que há profissionalismo nesse campo", conclui Carneiro.

Fred Furtado *Ciência Hoje*/RJ REDE ÓPTICA EM MANAUS • Foi inaugurada em Manaus (AM) a rede óptica metropolitana do país para pesquisa e educação (Metromao). O projeto, uma parceria entre o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e o governo do estado do Amazonas, faz parte da Rede de Educação e Pesquisa do Amazonas (Repam) e tem por objetivo conectar em banda larga instituições de ensino e pesquisa em todo o estado, fomentando a integração entre essas entidades. A Repam, por sua vez, insere-se no projeto Redecomp, do MCT, que conta com recursos da Finep e é coordenado pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). Além de Manaus, já participam da rede Belém e Vitória. Em seguida, a rede metropolitana será implantada em Brasília, Goiânia, Florianópolis, Porto Alegre, Natal, Fortaleza, Aracaju, Salvador e São Paulo.

ENGENHARIA

AQUECEDOR ECONÔMICO

Latinhas de alumínio dispostas em um painel têm se mostrado eficientes na captação da luz solar para aquecimento da água. O aparato foi desenvolvido por alunos do curso de tecnologia em fabricação mecânica, do Centro Universitário de Itajubá (Universitas), em Minas Gerais, sob a coordenação do físico nuclear Jorge Henrique Sales.

O aquecedor é constituído por uma caixa de madeira pintada de preto, na qual é montado o painel com as latinhas de alumínio; por canos de PVC, que armazenam a água a ser aquecida; e por uma placa de vidro ou acrílico; para vedar a caixa. Seu funcionamento se dá pela reflexão da luz, absorção do calor e pelo efeito estufa gerado. "A latinha é cortada de modo a simular



um espelho côncavo, com a função de refletir a luz do Sol para um foco, onde ocorre a concentração máxima de luz. É justamente por onde passa o cano de PVC. A caixa de madeira é como uma placa que recebe as latinhas e os canos em forma de serpentina. A cor preta do fundo possibilita maior absorção da luz, garantindo mais calor ao conjunto. A vedação com vidro ou acrílico mantém o calor em seu interior. Há, ainda, o efeito estufa, que também colabora para o aquecimento da água que passa pelo cano", explica Sales.

Além de apresentar vantagens econômicas, o aparelho contribui para a preservação dos recursos naturais, ao poupar energia elétrica e conferir outros usos para as latinhas de alumínio, que em geral terminará nos lixões das cidades brasileiras. Para Sales, ao substituir o chuveiro elétrico, o aquecedor será um importante aliado para a economia de energia elétrica, sobretudo para as famílias de baixa renda. "A utilização de coletores solares permitiria uma redução média de 35% no uso da eletricidade para essas famílias", afirma o físico. Enquanto um aquecedor solar convencional custa em média R\$ 3 mil, estima-se que o primeiro protótipo do coletor solar sairia por R\$ 350. Outra vantagem é a manutenção simplificada, já que, uma vez verificado o desgaste, qualquer pessoa estaria apta a trocar as latinhas de alumínio por outras novas.

A reflexão da luz, a absorção do calor e o efeito estufa fornecem a base para o funcionamento do aquecedor feito com latinhas de alumínio e canos de plásticos

Alto risco no açaí

suco do açaí produzido artesanalmente pode ser hoje um dos principais responsáveis por surtos da doença de Chagas no Brasil. Entre junho de 2006 e junho de 2007, 116 pessoas foram contaminadas após ingerirem a bebida nos estados do Amapá, Amazonas e Pará. A contaminação do suco acontece quando o inseto portador do protozoário que causa a doença é triturado junto com a fruta.

De acordo com o parasitologista Aldo Valente, do Instituto Evandro Chagas (IEC), órgão vinculado à Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, surtos da doença de Chagas transmitida por via oral acontecem desde 1968, mas havia uma subnotificação, decorrente sobretudo da desinformação. Agora, como as agências de saúde têm dado mais atenção ao tema, o número de casos registrados aumentou. Além disso, Valente lembra que o desequilíbrio ecológico causado pelo desmatamento afugenta os insetos de seu hábitat e de suas fontes alimentares naturais, contribuindo de maneira decisiva para a ocorrência dos surtos.

O principal problema trazido pela transmissão oral da doença de Chagas é que a ingestão coloca grande quantidade do protozoário causador da enfermidade, o Trypanossoma cruzi, na corrente sangüínea. Esse fato acarreta a redução do período de incubação da doença: enquanto na transmissão convencional os primeiros sintomas aparecem entre quatro e oito semanas após o contágio, na transmissão oral esse período se reduz para cerca de 10 dias e a doença pode rapidamente evoluir para suas formas mais graves.

Outra questão que preocupa a equipe do IEC é que o suco artesanal de açaí é muito consumido na região Norte do país, sendo, em alguns locais, como na bacia do Marajó (PA), mais consumido que o feijão com arroz. Valente explica que a contaminação dos frutos é acidental e se deve às condições precárias de sua manipulação. Os insetos, atraídos pela luz das casas próximas à mata, acabam caindo nas máquinas de despolpar os frutos, ou, atraídos pela luz de barcos atracados durante a noite, caem nas cestas onde o açaí é estocado. Como a coloração de ambos é similar, o reconhecimento da presença do barbeiro é difícil.

A separação cuidadosa dos frutos é uma das recomendações que o pesquisador faz para que a doença seja controlada. As outras são a atenção na colheita e a higienização dos locais de processamento, armazenamento e transporte do açaí. "Essas informações devem ser passadas aos produtores em linguagem acessível. Falo para eles que devem catar o açaí como a dona de casa cata o arroz e o feijão."

O Ministério Público e a Secretaria Estadual de Saúde entraram em ação para conter o avanço da doença e recentemente propuseram um Termo de Ajustamento de Conduta para as empresas produtoras do suco. Segundo Valente, desde 2000, as maiores empresas de exportação de açaí no Pará e Amapá, atendendo a orientação do IEC, já adotam a pasteurização e o congelamento prolongado processos que eliminam o risco de

portadores do protozoário que causa a doença de Chagas vão parar dentro das máquinas e são triturados junto com o açaí, devido às condições inadequadas de manipulação dos frutos

Os insetos



contaminação. "Até hoje não registramos nenhum surto de doença de Chagas associado ao consumo de açaí industrializado fora da Amazônia", afirma o pesquisador, que, no entanto, adverte que os compradores do açaí se certifiquem da idoneidade do seu fornecedor e cobrem dele a qualidade do produto.

A situação dos pequenos produtores, que atendem ao mercado local, no entanto, é outra, pois eles não têm recursos para a compra de pasteurizadores, e o congelamento, apesar de eficiente e de baixo custo, esbarra na resistência dos consumidores, que preferem o alimento recém-preparado. Um recente Termo de Ajuste de Conduta foi desenhado para esse segmento e já está sendo aplicado. "Mas o IEC não foi consultado para a sua elaboração e não sabemos como se comportará", afirma o parasitologista, acrescentando ser necessário "um trabalho de formiguinha, de parceria, baixo custo e alto impacto, que permita o convencimento e ofereça contrapartidas" para os pequenos comerciantes.

Doença negligenciada

Descrita pelo médico Carlos Chagas em 1909, a doença de Chagas é causada pelo *Trypanosoma cruzi*, protozoário que vive no trato digestivo de várias espécies de insetos da subfamília Triatominae, popularmente conhecidos como barbeiros. Na natureza, o ciclo de vida desse microrganismo restringe-se ao inseto e a animais silvestres, muitos deles de hábitos insetívoros – o barbeiro suga o sangue desses animais que, por sua vez, se alimentam do inseto.

O hábitat do barbeiro na região amazônica é a copa das palmeiras de grande porte, como babaçu, buriti, dendê e mucajá, entre outras. A palmeira do açaí não é habitada pelo inseto. Porém, nas antigas áreas endêmicas, com a ocupação humana, as frestas das

paredes das casas de pau-a-pique, comuns nas áreas rurais, tornaram-se um bom abrigo para esses insetos, fazendo com que passassem a se alimentar também de sangue humano. Como têm o hábito de defecar após picarem sua presa, os barbeiros liberam protozoários que entram na circulação sangüínea da vítima por meio do contato das fezes com o local da picada. Esse é o principal meio de contaminação humana, mas o contágio também pode ocorrer durante a gravidez (de mãe para filho), por transfusão de sangue e pela ingestão de alimentos contaminados. Essa forma de contaminação era tida como rara, mas os diversos surtos mostram sua relevância para a saúde pública.

Em junho de 2006, o Brasil recebeu da Organização Pan-americana da Saúde a Certificação Internacional de Eliminação da Transmissão da Doença de Chagas pelo Triatoma infestans – uma das espécies de barbeiro. Um ano antes ocorria, em Santa Catarina, um grande surto da doença por transmissão oral (ver 'Em boca fechada...' em CH nº 215), - o segundo já registrado na região Sul em um intervalo de 40 anos. Na ocasião, cerca de 30 pessoas foram contaminadas e cinco morreram após beberem caldo de cana infectado com o protozoário.

A doença de Chagas só ocorre no continente americano, principalmente na América Latina, não tem vacina e a eficácia dos dois remédios existentes – somente um deles disponível no Brasil – é observada principalmente durante a fase aguda da enfermidade. A doença de Chagas faz parte do grupo das chamadas 'doenças negligenciadas' – moléstias que afetam milhares de pessoas, mas que não dispõem de tratamentos eficazes e que contam com poucas pesquisas em busca da cura.

Mariana Ferraz

Ciência Hoje/RJ

NANOTECNOLOGIA

BORRACHA RECICLÁVEL

Um material semelhante à borracha usada em pneus, com a vantagem de poder ser reciclado, foi obtido por meio de técnicas de nanotecnologia. A nova 'borracha' é, na verdade, um nanocompósito, material que tem entre seus componentes uma fração com partículas de dimensões nanométricas (da ordem de 10⁻⁹ m). O químico Fernando Galembeck, do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), explica que o nanocompósito criado por sua equipe é produto da mistura da borracha natural com um tipo de argila, a bentonita, em diferentes proporções, de acordo com as características que se queira alcançar.

A possibilidade da reciclagem é resultado da ausência do processo conhecido como vulcanização na fabricação do nanocompósito. Esse processo faz com que as partículas se liguem fortemente, impossibilitando a reciclagem. "A borracha natural que não passa pela vulcanização é reciclável, mas é também mole e pegajosa, características que impedem seu uso em uma série de produtos", afirma. O nanocompósito, por sua vez, não passa pela vulca-

nização, mas é tão forte e resistente quanto as borrachas submetidas ao processo.

Os primeiros produtos a chegar ao mercado deverão ser solados
de calçado. Segundo
Galembeck, para que
o nanocompósito seja
usado em produtos
como pneus (cuja estocagem representa
um problema ecológico) ainda serão
necessários muitos
testes, principamente de segurança. O

pesquisador ressalta, contudo, o potencial da nova tecnologia: "Ao lançar um novo olhar sobre matérias-primas comuns, voltando-se aos detalhes e à escala molecular, a nanotecnologia permite a descoberta de novos materiais e usos."

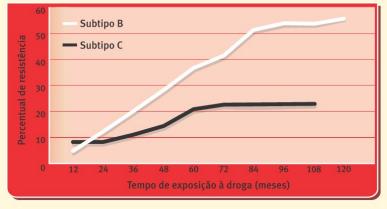
Um HIV menos resistente

subtipo C do vírus causador da Aids (HIV), que infecta cerca de metade dos soropositivos do planeta, demora mais que o subtipo B para se tornar resistente a dois dos três tipos de drogas anti-retrovirais existentes. A constatação é de pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que fizeram o levantamento com uma amostra de pacientes de dois grandes centros de atendimento de HIV/Aids do Rio Grande de Sul. A descoberta tem implicações positivas para as políticas internacionais de tratamento das pessoas infectadas em países africanos e asiáticos.

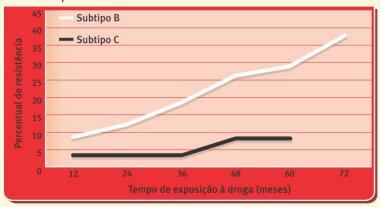
Como o subtipo B, mais comum em países desenvolvidos e nas Américas, é o mais estudado e as drogas existentes atualmente foram desenvolvidas com base nas pesquisas sobre ele, sabe-se muito pouco sobre o C e a sua reação aos anti-retrovirais. Essa foi uma das motivações para que os pesquisadores do Laboratório de Virologia Humana do Instituto de Biologia da UFRJ começassem a estudar esse subtipo há cerca de sete anos. O geneticista Marcelo Soares, coordenador do laboratório, explica por que o Rio Grande do Sul foi escolhido para o levantamento: "O estado talvez seja o único lugar do mundo onde esse tipo de HIV tenha sido exposto ao coquetel de tratamento por um longo período."

Os pesquisadores analisaram amostras de HIV recolhidas do sangue de 160 pacientes do Hospital das Clínicas de Porto Alegre, na capital gaúcha, e do Hospital Universitário da Fundação Universidade Rio Grande (Furg), em Rio Grande, à procura de alterações no DNA (mutações) do vírus que lhe conferissem resistência às drogas. Depois, compararam os perfis de mutação dos dois subtipos e concluíram que a variedade C apresenta menos resistência a todos os medicamentos, com exceção dos inibidores não-nucleosídicos de transcriptase reversa. "Apenas 8% das cepas do subtipo C apresentaram resistência para inibidores de protease, em contraste com 38% das do subtipo B. Para os inibidores nucleosídicos de transcriptase reversa, os valores foram de 23% e 56%, respectivamente", informa Soares.

Inibidor nucleosídico de transcriptase reversa



Inibidor de protease



Menos adaptado, mais espalhado

Os pesquisadores ainda não sabem o motivo para a menor resistência do subtipo C, mas acreditam que ela pode estar relacionada à baixa adaptabilidade dessa variedade. Como seu sistema de replicação não é tão eficiente quanto o do B, a seleção natural não agiria com a mesma intensidade sobre ele. "Ou seja, embora estejam submetidos à mesma pressão seleti-

O subtipo C do HIV, mais comum na África e na Ásia, é menos resistente a duas das três classes de drogas anti-retrovirais do que a variedade B

GEL DE ALGAS NO COMBATE À AIDS

Um princípio ativo extraído da alga parda marinha *Dictyota pfaffii*, encontrada no atol das Rocas (RN), pode ser a base para a produção de um gel vaginal capaz de auxiliar na prevenção da Aids. A partir de testes *in vitro*, realizados por pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e da Universidade Federal Fluminense (UFF), constatou-se que esse princípio, o diterpeno, evita a infecção, ao anular a ação da enzima transcriptase reversa presente no vírus. Assim, a multiplicação do vírus HIV nas células é bloqueada, pois a função dessa enzima é justamente converter o RNA viral em DNA.

Outro ponto positivo da descoberta é a constatação de que o composto apresenta um efeito prolongado, permanecendo nas células por mais de 10 dias. Por esse motivo, os pesquisadores defendem que seu uso, em conjunto com o preservativo, pode dar mais segurança às mulheres para evitar a contaminação. O gel encontra-se em fase de testes em animais e posteriormente será avaliado em células humanas na Escola Médica de Saint George, na Inglaterra.

Andressa Spata *Ciência Hoje*/RJ

va – no caso, o tempo de tratamento –, o HIV C acumula menos mutações", diz o geneticista.

Soares observa que essa característica poderia também ser a razão pela qual a variedade C se espalha mais rapidamente que outros subtipos quando introduzida em uma população. Foi assim na Africa do Sul, onde originalmente circulavam os vírus A, B e De hoje de 95% a 98% dos infectados são portadores da variedade C, e na Índia, onde uma população predominantemente B passou em quase sua totalidade para C. "No Brasil, esse subtipo foi introduzido no Rio Grande Sul na década de 1990, provavelmente a partir da cidade de Rio Grande, que é portuária. Hoje, a freqüência do HIV C é muito alta, corresponde a 50% dos soropositivos no estado", relata o geneticista.

O resultado do novo trabalho complementa pesquisas prévias do grupo, que já haviam mostrado que a taxa de resistência primária – o índice de vírus resistentes às drogas em pacientes recém-infectados virgens de tratamento – era menor no Brasil do que em países desenvolvidos. "Junto com os estudos internacionais que revelam que a adesão à terapia é maior em nações em desenvolvimento, nossos dados significam ótimas notícias e contradizem os temores de que o amplo acesso a drogas anti-retrovirais em locais como a África poderiam agravar a pandemia", afirma Soares. Ele refere-se a preocupações manifestadas por especialistas em HIV/Aids, como, por exemplo, o virologista norteamericano Robert Gallo, que alega que o mau uso do tratamento nesses lugares aumentaria a resistência do vírus aos medicamentos. "Se administrada de maneira ideal, a terapia anti-retroviral resultará em grandes benefícios para essas populações", conclui o geneticista.

Fred Furtado

Ciência Hoje/RJ



VIVA O MORCEGO! • Pouco se conhece sobre a importância dos morcegos para a natureza. Isso se deve, em grande parte, à desconfiança da população, que teme esses animais por supostamente se alimentarem de sangue (imaginário reforçado pelas histórias de vampiros) e por serem vetores de transmissão da raiva, sobretudo a bovina. Para reverter esse quadro foi criada, durante o 14º Congresso Internacional de Pesquisadores de Morcegos (IBRC), realizado no México, em agosto último, a Rede Latino-americana para Conservação e Estudos de Morcegos (Relcom). Formada por pesquisadores do Brasil, México, Bolívia e Costa Rica, a rede terá como meta incentivar as pesquisas sobre esses mamíferos e divulgar a necessidade de preserválos. Das 170 espécies existentes no Brasil, apenas três são hematófagas, ou seja, alimentam-se de sangue. A maioria é insetívora ou frugívora, o que os torna predadores de insetos prejudiciais às lavouras e também polinizadores e dispersores de sementes, auxiliando na recuperação de áreas florestais degradadas.

INSULINA NACIONAL - Parceria firmada com um laboratório ucraniano permitirá ao Brasil dominar uma moderna técnica de fabricação de insulina. Estabelecido entre o Instituto de Tecnologia em Fármacos da Fundação Oswaldo Cruz (Farmanguinhos/Fiocruz) e o Laboratório Indar, da Ucrânia, o acordo prevê a transferência, para o Brasil, da tecnologia de todas as etapas de produção da insulina recombinante – nome dado à insulina produzida por bactérias ou fungos que receberam os genes humanos que ativam a produção do hormônio. A insulina recombinante deve começar a ser produzida no país em 2010.



Gigante das Américas

Parte das vértebras da coluna vertebral do dinossauro descoberto na Patagônia argentina



88 milhões de anos na região norte da Patagônia (Argentina), no período Cretáceo Superior. A descoberta de parte de seu esqueleto, que permitiu calcular seu tamanho monumental (entre 32 e 34 m de comprimento) foi feita por paleontólogos argentinos e brasileiros na costa norte do lago Barreales, em Neuquén, na Argentina. O projeto é uma parceria entre o Laboratório de Paleovertebrados da Universidade Nacional de

Cuyo (Mendonza,

terceiro maior dinossauro até

hoje encontrado, o Futalogn-

kosaurus dukei, vivia há mais de

Argentina), o Centro Paleontológico Lago Barreales, da Universidade Nacional de Comahue (UNCo), em Neuquén, e o Setor de Paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Com suas gigantescas dimensões, o Futalognkosaurus dukei pertence ao grupo dos titanossaurídeos, nos quais se incluem os Lognkosauria, caracterizados por serem herbívoros

e por terem pescoço e cauda bastante robustos, exatamente como os da nova espécie. Até o momento, o grupo foi localizado apenas na Patagônia. Os pesquisadores encontraram no local cerca de 70%

dos ossos do seu esqueleto: entre

eles, o pescoço, a região dorsal, a bacia e a primeira vértebra da cauda. Mesmo sem o crânio e os demais ossos da cauda, foi possível fazer uma reconstituição fiel do seu tamanho. "O maior dinossauro já encontrado no mundo só possui 10% da sua ossada preservada, e não tem pescoço nem cauda", exemplifica Juan Porfiri, pesquisador da UNCo. "A descoberta dessa espécie permitirá a reavaliação do tamanho das outras ossadas igualmente gigantes encontradas, graças à sua preservação em comparação com as demais", completa Alexander Kellner, paleontólogo do Museu Nacional do Rio de Janeiro.

As escavações vêm sendo realizadas no local desde 2000, quando foi descoberta uma vértebra cervical gigante pela equipe de Jorge Calvo, diretor do Centro Pa-

Reprodução do corpo do Futalognkosaurus dukei com base nos fósseis encontrados (em branco)

MEDICINA

leontológico da UNCo. No entanto, os resultados da pesquisa só foram publicados em 2007 nos Anais da Academia Brasileira de Ciências. "Pesquisas com dinossauros são bastante complicadas, devido à necessidade de se trabalhar com uma equipe técnica altamente qualificada, além de equipamentos e veículos adequados, tanto para as escavações, como para o transporte dos fósseis até os centros de pesquisa. O trabalho nos laboratórios, por sua vez, é delicado e lento. Após essas etapas, inicia-se a pesquisa para publicação. Uma das maiores dificuldades enfrentadas durante o trabalho é a falta de verbas. Por esses motivos, a pesquisa sobre o Futalognkosaurus dukei, iniciada em 2002, levou cinco anos para ser publicada", explica Calvo.

Ecossistema completo

Além de parte do esqueleto do Futalognkosaurus dukei, foram encontrados mais de mil fósseis de outros grupos de dinossauros (saurópodes, terópodes e ornitópodes), de répteis voadores (pterossauros), de peixes e conchas e de folhas características das angiospermas. Por conta da proximidade em que se encontravam (uma área de 400 m², com profun-

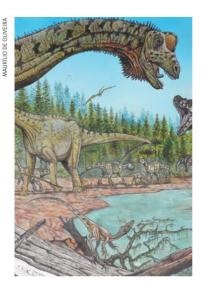


Ilustração do *Futalognkosaurus dukei* em seu ecossistema original

didade de 0,5 m), os pesquisadores concluíram que esses seres viveram no mesmo período. Assim, foi possível reproduzir com elevado grau de exatidão as condições ambientais da época. "A descoberta é importante por se tratar do mais completo ecossistema do Cretáceo Superior conhecido", destaca Calvo.

Para explicar o que possibilitou essa formação tão completa, os pesquisadores desenvolveram uma hipótese. Segundo eles, havia um rio sinuoso (de baixa energia, com águas mais calmas), que permitiu o acúmulo de sedimentos em determinadas áreas. O Futalognkosaurus dukei teria morrido em suas proximidades e sua carcaça pode ter sido levada por uma enxurrada para dentro do rio, tornando-se, assim, uma barreira natural na qual foram depositados outros organismos, como plantas, peixes e conchas. Outro fator fundamental para a preservação desses seres vivos foram os tipos de sedimentos presentes na região (silte e areia).

Além da continuidade dos trabalhos na Patagônia, serão iniciadas escavações na região de Tesouro, em Mato Grosso, Brasil. No entanto, Kellner diz que a inexistência de desertos no país dificulta o trabalho dos paleontólogos, encarecendo a exploração. Isso porque a ausência de chuvas e a existência de sedimentos arenosos são fatores importantes para a melhor preservação dos fósseis.

Para atender a curiosidade do público e ao mesmo tempo proteger os originais, foram feitas réplicas em resina dos fósseis. Elas serão expostas no futuro em vários países. O Museu Nacional do Rio de Janeiro é a primeira instituição no mundo a exibir as réplicas. A mostra, aberta dia 16 de outubro, será permanente.

Andressa Spata *Ciência Hoje*/RJ

CIRURGIA MELHORA VIDA DE OBESOS

O acompanhamento durante cinco anos de pacientes que se submeteram à cirurgia bariátrica (redução de estômago) pelo Sistema Único de Saúde (SUS) comprovou a eficiência da operação no tratamento de obesos, com aumento da expectativa de vida. Os resultados foram obtidos com a análise dos dados sociodemográficos e clínicos (idade, gênero, escolaridade, ocupação, uso de antidepressivos, entre outros) de 193 pacientes que passaram pelo procedimento cirúrgico no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), entre 1998 e 2005, e que retornaram até o quinto ano após a cirurgia para a avaliação anual.

Em sua pesquisa de doutorado, Maria de Fátima Haueisen Sander Diniz, do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina da UFMG, considerou a porcentagem de peso perdido após a operação e o grau de redução de doenças relacionadas à obesidade. A perda de peso foi significativa em seguida à cirurgia. "No período de cinco anos, 80% dos pacientes ganharam peso em relação à perda maior alcançada anteriormente. No entanto, esse ganho, que foi em média de 8 kg, é pouco expressivo frente ao peso pré-operatório (média de 149 kg). O único fator relacionado aos piores resultados foi a presença de superobesidade (índice de massa corporal ≥ 50 kg/m²) no pré-operatório. Ou seja, quanto mais obeso era o paciente antes da cirurgia, menor a perda do excesso de peso. Mas até esses pacientes tiveram uma importante melhora das doenças associadas à obesidade, como a hipertensão, o diabetes, a elevação dos triglicérides, do ácido úrico e do colesterol", afirma a pesquisadora.

Em seguida, os dados foram comparados aos registrados na Europa e nos Estados Unidos. "Mesmo em contexto socioeconômico e cultural diferente do dos países desenvolvidos, a cirurgia foi eficiente para proporcionar perda e manutenção do peso em médio prazo, além do controle de doenças associadas à obesidade grave", conclui Diniz. Ela ressalta que a cirurgia não deve ser usada em indivíduos que busquem reduzir o peso por motivos estéticos, mas sim em casos de obesidade grave, que pode levar à morte. E diz que o paciente operado deve mudar seus hábitos, adotando uma alimentação saudável e a prática regular de exercícios físicos. Caso contrário, há chance de recuperar o peso perdido.

Além do hospital universitário de Minas, outros hospitais adotam o monitoramento dos pacientes do SUS e há publicações referentes ao seguimento de médio prazo dos operados, como as do Hospital das Clínicas de São Paulo.

Da tomada para a estrada

m Palio e um Panda – ambos da Fiat - movidos a energia elétrica já estão prontos para rodar. Os protótipos foram desenvolvidos no Brasil pela empresa Itaipu Binacional, com o objetivo de nacionalizar a tecnologia de produção de carros elétricos. Basta colocá-los na tomada por um período de oito horas para que eles estejam aptos a rodar aproximadamente 120 km. Os deslocamentos podem ser velozes, já que os veículos conseguem atingir uma velocidade de até 130 km por hora. O detalhe mais animador é que, para isso, gasta-se de quatro a cinco vezes menos do que se forem utilizados combustíveis convencionais, como o álcool ou a gasolina.

O motorista que experimentar dirigir os protótipos não deverá estranhá-los. "É muito simples guiá-los, pois as diferenças em relação aos carros tradicionais são mínimas", explica o engenheiro elétrico Celso Novais, coordenador geral brasileiro do projeto Veículo Elétrico. "A principal distinção é que não existe partida. O veículo liga como se fosse acionado por um interruptor." Segundo Novais, quando está parado - em um congestionamento, por exemplo -, o veículo não consome energia. "A bateria que o alimenta é totalmente reciclável e pode ser recarregada cerca de 1.500 vezes."

O coordenador do projeto destaca o aspecto econômico como uma das grandes vantagens do carro elétrico, ao compará-lo com um veículo movido a gasolina. "Com um litro do combustível, é possível percorrer 15 km em média. No entanto, se o mesmo valor gasto com essa quantidade de gasolina for empregado na compra de energia elétrica, é possível rodar cerca de 40 km." Além de enfatizar as vantagens econômicas, Novais salienta os incontestáveis benefícios ambientais. "O carro elétrico não faz barulho nem polui a atmosfera, já que não emite gás carbônico ou qualquer outra substância química."

Convênio

O projeto teve início em fevereiro de 2006, a partir de um convênio firmado entre a Itaipu Binacional - a usina de maior potência instalada no mundo (14 mil megawatts), de origem brasileira e paraguaia - e a KWO, empresa suíça especializada na produção de energia hidrelétrica renovável. Segundo Novais, o objetivo é dominar a tecnologia - já explorada internacionalmente - e nacionalizar a produção. "Não estamos pensando na produção em escala, mas em pesquisa e desenvolvimento de componentes nacionais, para baratear custos", afirma o engenheiro. Hoje, um protótipo como o do projeto Veículo Elétrico sai pelo dobro do preço de um carro convencional. Mas Novais acredita que isso deve mudar até o final do projeto, que tem duração prevista de cinco anos. "Nosso objetivo é desenvolver um veículo elétrico cujo preço seja ao menos igual ao de um veículo movido a gasolina."

Os dois protótipos usam motor, bateria e inversor (componente que transforma corrente elétrica contínua em corrente alternada) importados. "A bateria e o motor são as peças mais caras", conta Novais. O estágio atual do projeto consiste na nacionalização dos componentes, que serão desenvolvidos em uma montadora dentro da própria Itaipu e em seguida testados nos protótipos.

As linhas de pesquisa que estão sendo desenvolvidas na empresa vão desde a bateria e o motor empregados nos protótipos até estudos sobre modelos de farol. As metas são ousadas. Até o final do projeto, pretende-se criar um veículo que rode 450 km sem necessidade de recarga, seja capaz de atingir velocidade de até 150 km por hora e cuja recarga da bateria demore apenas 20 minutos.

Jaqueline Bartzen

Especial para Ciência Hoje/PR

Protótipo de um veículo elétrico desenvolvido pela Itaipu Binacional



SOCIOBIOLOGIA 'Superorganismo' pode ajudar a entender diferentes níveis de organização biológica

Organismos de organismos...

Moysés Elias Neto

Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo (campus de Ribeirão Preto)

A natureza tem um tempo ilimitado para viajar por caminhos tortuosos rumo a destinos desconhecidos. A mente do homem é medíocre demais para discernir de onde vem e para onde vai o caminho, e tem de se contentar em conseguir enxergar apenas pedaços do caminho, por menores que eles sejam." Palavras humildes do zoólogo austríaco Karl von Frisch (1886-1982), ganhador do prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina, em 1973, por suas descobertas sobre padrões de comunicação no comportamento social de abelhas. Palavras de quem teve o privilégio de contemplar intimamente uma grande sociedade biológica.

Mas, afinal, o que são sociedades no sentido biológico? Ninguém melhor do que o biólogo norteamericano Edward O. Wilson para nos ajudar a defini-las. Em 1975, com a publicação do livro *Sociobiologia*, ele fundou uma nova disciplina científica. Sua definição é extremamente simples: sociedade é um grupo de organismos pertencentes à mesma espécie e organizados de maneira cooperativa.

No convívio social, custos e benefícios individuais são balanceados em função de necessidades e interesses compartilhados por todo o grupo. Diferentes graus de socialidade (integração entre organismos) já foram observados na natureza. O cenário mais complexo é encontrado nas chamadas eussociedades, ou sociedades verdadeiras, caracterizadas por uma divisão de trabalho que envolve a própria plenitude biológica dos organismos: a reprodução. A seguir, rapidamente serão descritas duas dessas sociedades, também denominadas colônias.

Existe uma espécie de ameba social chamada Dictyostelium discoideum. Esses protozoários unicelulares colonizam ambientes em decomposição, alimentando-se de bactérias e reproduzindo-se pela divisão de uma célula-mãe em duas células-filhas (fissão binária). Quando o alimento se esgota em um local, forma-se uma aglomeração migratória, denominada pseudoplasmódio ou 'lesma', que reúne desde algumas centenas até dezenas de milhares de indivíduos. A colônia então se locomove em conjunto à procura de locais iluminados, quentes e úmidos. Quando encontra um novo ambiente a ser colonizado, surge o chamado 'corpo de frutificação', composto de um disco basal, uma 'coluna' denominada pedúnculo e uma bolsa contendo esporos. No momento oportuno a bolsa se rompe, os esporos são distribuídos pelo meio e cada um dá origem a uma nova ameba, reiniciando o ciclo. Nesse processo, a reprodução se restringe apenas aos indivíduos que se transformaram em esporos. Todas as outras amebas que formavam as estruturas de suporte morrem.

Outro exemplo, mais familiar aos leitores, é o dos insetos sociais, representados por cupins, formigas e alguns grupos de vespas e abelhas. Acredita-se que esse tipo de colônia evoluiu a partir de unidades familiares ou de pequenas sociedades, provavelmente como resultado da seleção de adaptações na aquisição de recursos alimentares e na defesa contra inimigos naturais (predadores, parasitas e competidores).

Nessas espécies ocorrem duas formas básicas de indivíduos, denominadas castas: uma reprodutiva, fértil, que propaga a sociedade ao longo das gerações; e outra operária, infértil, responsável pela construção, manutenção, abastecimento e defesa da colônia. As duas castas atuam cooperativamente, visando à reprodução e à sobrevivência do grupo como um todo. O grande sucesso da divisão de trabalho pode ser medido pela representatividade ecológica desses organismos: embora cupins e formigas representem, juntos, apenas 2% das espécies de insetos conhecidas, suas colônias, somadas, contêm mais da metade de toda a biomassa dessa classe animal.

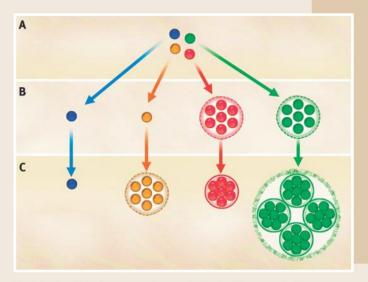
A evolução tem seus paradoxos, mesmo aos olhares mais atentos e cuidadosos. Como organismos que não dão origem a seus próprios descendentes podem ser preservados ao longo dos tempos? Autor da teoria da evolução, o naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) confessou, em seu famoso livro A origem das espécies, que a dificuldade de explicar o que chamou de "indivíduos neutros" (estéreis) lhe pareceu, a princípio, insuperável, e talvez fatal para essa teoria. Uma possível solução para esse problema, proposta pelo zoólogo britânico Vero Wynne-Edwards (1906-1997), seria a atuação da seleção natural não apenas no nível individual, mas também no coletivo! Dessa forma, famílias inteiras de organismos também representariam unidades de seleção.

Há quem veja formigueiros, cupinzeiros, colméias e ninhos de vespas de uma maneira não muito convencional. O entomologista norte-americano William Wheeler (1865-1937), em artigo publicado em 1911 no periódico científico Journal of Morphology, propôs a interpretação de uma colônia de insetos sociais como um organismo verdadeiro, que chamou de "superorganismo". Para ele, todo sistema coordenado e individualizado, que interage com o meio e se reproduz, pode ser considerado um organismo. Em seu trabalho, utilizou a colônia de formigas como modelo de unidade e peculiaridade, características de qualquer indivíduo na natureza. Foi ainda mais longe e comparou a história de um formigueiro ao ciclo de vida de um organismo multicelular, desde o desenvolvimento inicial e a diferenciação das linhagens somática (não reprodutiva) e germinativa (reprodutiva), até os fenômenos de crescimento, sobrevivência, reprodução e morte.

Será mesmo que podemos considerar uma colônia de amebas sociais um organismo multicelular? Uma sociedade de insetos seria então um organismo composto por outros organismos?

A idéia do superorganismo, ainda que até certo ponto intuitiva, é extremamente polêmica e já recebeu inúmeras críticas. Atualmente, a maioria dos estudiosos de insetos sociais a considera equivocada, desnecessária e obsoleta. Wheeler, porém, realmente acreditava na existência desses superorganismos na natureza.

Justiça seja feita, há algo de inestimável valor nessa proposta: a idéia de diferentes níveis de organização biológica. A cooperação entre entidades inicialmente independentes pode resultar em complexos sistemas de interações que transcendam o padrão de organização anterior. As propriedades emergentes nesse novo nível biológico, em geral relacionadas à divisão de trabalho e à homeostase social, representam rupturas de padrões anteriores, características de grandes transições evolutivas (figura).



Modelo simplificado mostrando a evolução de diferentes níveis de organização biológica: em A, entidades inicialmente independentes; em B, cooperação em algumas linhagens (em vermelho e verde); e em C, coexistência de diversos tipos de organização, desde unidades isoladas, como seres unicelulares (em azul), até complexos sistemas de interações, como colônias (em verde)

Devemos, portanto, interpretar o modelo proposto por Wheeler não de maneira literal, mas como uma analogia, ou seja, uma base para estudos comparativos. Uma abordagem desse tipo nos auxilia, por exemplo, a entender alguns 'conflitos sociais', como a ocorrência de tumores em organismos (competição entre células) ou a disputa reprodutiva entre castas em colônias. 'Reviver' o superorganismo também pode ser extremamente útil na busca pela compreensão de processos envolvidos tanto na evolução da multicelularidade (integração entre células) como da socialidade. Uma colônia de indivíduos sociais não é um organismo de fato, mas pode nos fornecer algumas pistas dos estágios de organização pelos quais passaram os seres multicelulares em sua história evolutiva. Em um raciocínio inverso, o grau de complexidade das relações entre as diferentes células de um organismo verdadeiro não se compara ao arranjo relativamente simples observado mesmo nas mais sofisticadas sociedades existentes na natureza, mas pode fornecer pistas valiosas sobre o futuro evolutivo da vida social em nosso planeta.

Houve um tempo em que a Terra era habitada apenas por seres unicelulares. Seria impensável, a partir de um cenário como esse, prever a formação de organismos compostos por bilhões ou trilhões de células, que apresentam uma organização extremamente complexa. Hoje, nos confrontamos com as sociedades biológicas e nos perguntamos como elas surgiram, como se modificaram ao longo da evolução e por quantas transformações ainda passarão. Nada que uns bons milhões de anos não esclareçam melhor.

HIDROLOGIA Estudo aponta impactos da transposição de bacias nas áreas que recebem a água

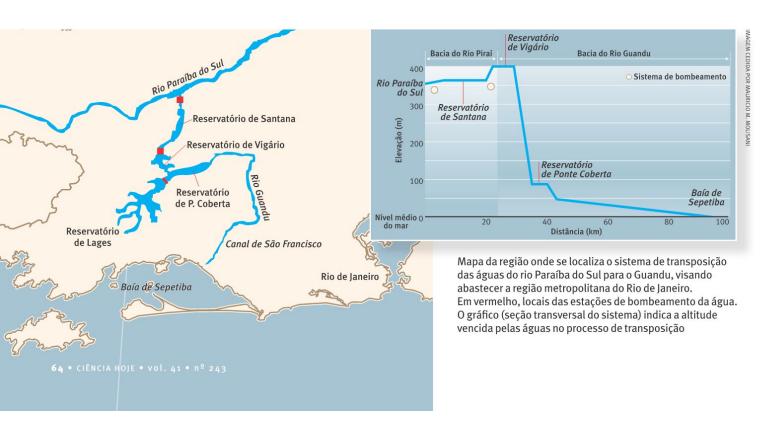
Um salto arriscado

A transferência de águas do rio São Francisco para o Nordeste é um tema que há décadas causa polêmica nos meios técnicos e políticos. Mas uma posição sensata deve levar em conta dados apontados por estudos feitos em áreas nas quais o procedimento já tenha sido adotado. No sistema de transposição que envolve as bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu, no Rio de Janeiro, avaliamos as conseqüências da entrada de água, material particulado e espécies químicas (inclusive poluentes) nos ambientes que recebem o recurso extra. Por **Mauricio Mussi Molisani**, do *Instituto de Ciências do Mar* da *Universidade Federal do Ceará* (*Labomar-UFC*), **Luiz Drude de Lacerda**, do *Labomar-UFC* e do *Departamento de Geoquímica* da *Universidade Federal Fluminense*, e **Björn Kjerfve**, da *Universidade do Texas A&M*.

m muitos países, a água que abastece importantes centros urbanos vem, em parte ou totalmente, de rios localizados fora da bacia de drenagem desses centros, graças à transposição de bacias. Essa técnica envolve bacias de drenagem adjacentes ou mesmo distantes. Em países como Estados Unidos, China e Rússia, por exemplo, a

transposição é uma importante alternativa usada para aumentar a disponibilidade de água em regiões onde a demanda é maior que a oferta.

Há consenso de que no Brasil a água, embora abundante, está se tornando cada vez mais escassa devido à deterioração de sua qualidade, entre outros fatores. A transposição de bacias já é uma alternativa que garante



o abastecimento de cidades como São Paulo (sistema Cantareira), Rio de Janeiro (sistema rio Paraíba do Sul-rio Guandu) e Fortaleza (canal do Trabalhador). Atualmente discute-se muito a integração da bacia do rio São Francisco a outras bacias do Nordeste setentrional.

O estudo de projetos de transposição já implantados no país permite avaliar possíveis impactos ambientais e orientar futuros empreendimentos. Um desses trabalhos foi realizado no sistema de transposição do rio Paraíba do Sulrio Guandu, construído a partir de 1950 com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água para a crescente população da cidade do Rio de Janeiro e região metropolitana. O aumento da população nos

últimos 60 anos (de 2,2 para 11 milhões de pessoas) excedeu a limitada oferta de água dos rios da região metropolitana, exigindo sua ampliação.

O sistema de transposição integra a bacia do rio Paraíba do Sul à bacia do rio Guandu; o primeiro deles fornece água para o sistema. Um importante rio do país, o Paraíba do Sul corta os estados mais industrializados e populosos da federação, onde as diversas formas de ocupação e uso do solo causam acentuada degradação da vegetação e da qualidade de sua água. A bacia de drenagem, com cerca de 57 mil km² e vazão média de 244 m³/s, é influenciada pelo clima subtropical. Ao longo de seu curso, observam-se importantes modificações hidrológicas, em decorrência da transposição e da construção de barragens.

Já a bacia do rio Guandu, o ambiente receptor da água transferida, estende-se por 1.400 km², entre a serra das Araras e a planície costeira limitada pela baía de Sepetiba, no Rio de Janeiro. A bacia é influenciada pelo clima subtropical e seu solo é ocupado de forma variada: algumas partes têm cobertura vegetal preservada e outras abrangem desde áreas rurais até regiões densamente povoadas, com importantes parques industriais. O lançamento de esgoto sanitário sem tratamento nos rios e as atividades de mineração de areia afetam as condições ambientais e a qualidade da água captada pela estação de tratamento. A vazão natural média do rio é de 20 m³/s.

O esquema de transposição consiste em um sistema de bombeamento que transfere águas do rio Paraíba do Sul para reservatórios situados na bacia do rio Piraí, após vencer uma altitude de 43 m ao longo da serra das Araras. A partir do reservatório de Vigário, a água é vertida por gravidade para a bacia do rio Guandu. Ao longo do trajeto, o fluxo









hídrico é usado em três usinas hidrelétricas, com capacidade de gerar 612 megawatts (MW). Parte da vazão do rio Guandu é captada pela estação de tratamento de água do Guandu (ETA-Guandu), que, após tratá-la, a distribui para a cidade do Rio de Janeiro. O volume restante, liberado para a baía de Sepetiba, é uma fonte adicional de matéria de interesse ambiental para esse ambiente costeiro.

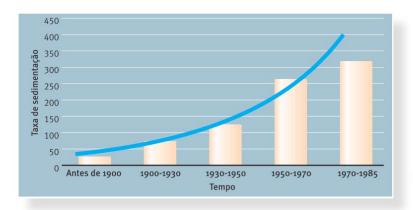
Efeitos na vazão dos rios receptores

Ao longo do sistema, foram analisadas séries temporais sobre as vazões turbinadas e feitas estimativas sobre a vazão natural média dos rios receptores. Esses dados foram obtidos a partir de modelos numéricos, visando à comparação entre vazões turbinadas e vazões naturais em cada bacia. A comparação mostra que a vazão turbinada retirada do rio Paraíba do Sul (160 m³/s) e transferida para o sistema é superior às vazões naturais médias oriundas das bacias receptoras: rio Piraí, 13 m³/s; rio Guandu, 20 m³/s. Portanto, a transposição do rio Paraíba do Sul 'inunda' as bacias de drenagem desses rios, reduzindo a importância da vazão natural. O fluxo da porção final do rio Piraí é invertido e nesse trecho forma-se o reservatório de Santana. Atualmente a vazão desses rios, sobretudo o Guandu, é regularizada pelo bombeamento do sistema de transposição, reduzindo variações naturais entre as épocas de chuva e seca. Em casos extremos, a transposição introduz variações artificiais, quase sempre diárias, para aumentar a geração de energia elétrica das usinas do sistema.

A transferência de água ao longo do sistema não altera apenas as condições ambientais dos rios envolvidos. Após a captação de água pela ETA-Guandu e pelo parque industrial situado na bacia do rio

Etapas da transposição rio Paraíba do Sul: reservatório de Santa Cecília, onde são captadas as águas do rio Paraíba do Sul (A): sistema de bombeamento que transpõe a água para o reservatório de Santana (B): sistema de bombeamento que transfere a água para o reservatório de Vigário (C); a água armazenada no reservatório de Vigário é vertida por gravidade para o rio Guandu (a imagem inclui uma das usinas hidrelétricas do sistema) (D)

PRIMEIRA LINHA



Variação ao longo do tempo das taxas de sedimentação (em miligrama de sedimento por cm²/ano) na baía de Sepetiba (RJ). O aumento a partir de 1950 (início da transposição) decorre, entre outros fatores, da ampliação da carga de sedimentos, em conseqüência da transposição do rio Paraíba do Sul

Guandu, o volume final da transposição deságua na baía de Sepetiba através do canal de São Francisco (um braço do rio Guandu), aumentando em três vezes a descarga fluvial na baía: de 41 m³/s para 129 m³/s. O aumento de até oito vezes na vazão do rio Guandu, após a transposição, o torna responsável por 86% do aporte de água na baía, aumentando a importância dessa bacia e de suas condições ambientais no transporte fluvial para a zona costeira.

A transposição e os sedimentos

Para verificar a influência da transposição no transporte de material particulado em suspensão, estimamos, a partir de um modelo numérico, a carga de sedimentos originalmente transportada pelas bacias. Os dados foram comparados com a carga transportada pelas vazões turbinadas, medidas com base na relação entre as vazões e a concentração de sedimentos em suspensão obtida de séries temporais.

Enquanto o rio Paraíba do Sul é responsável pelo fluxo de água, determinado principalmente pelo volume hídrico transposto, os rios receptores respondem pela maior parte da carga de sedimentos transportada ao longo do sistema. A água transposta carreia em torno de 590 mil toneladas/ano de sedimentos para as bacias receptoras, enquanto a carga transportada originalmente por essas bacias foi estimada em 1,93 milhão de toneladas/ano. Desse total, cerca de 1.6 milhão de toneladas/ano (66% do total transportado) ficam retidas nos reservatórios. Essas taxas de retenção são calculadas com base no balanço entre a carga de entrada e saída nos reservatórios, que depende das características físicas dos reservatórios, de processos hidrológicos e, principalmente, da ocupação e uso do solo. A ocupação desordenada pode intensificar a erosão e o transporte de sedimentos pelos rios, aumentando a retenção de material nos reservatórios e reduzindo a capacidade de armazenamento e vida útil, o que pode comprometer todo o sistema de transposição.

A transposição aumenta não só o aporte de água para o rio Guandu e para a baía de Sepetiba, mas também o volume de sedimentos nesse rio. O acréscimo que observamos foi de 270 mil toneladas/ano. Essa carga adicional, associada à ampliação da capacidade de transporte do rio, causada pelo aumento da vazão regularizada, explica alguns impactos já constatados na baía de Sepetiba. A taxa de sedimentação na baía, após a implantação do sistema de transposição, aumentou 2,3 vezes. A continuidade desse processo pode intensificar o assoreamento da baía.

Transferência de poluentes

Um aspecto relevante da análise dos impactos da transposição – estudo apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio do programa Institutos do Milênio – é a transferência de poluentes para as bacias receptoras. O volume de água e a carga de sedimentos carreiam espécies químicas, inclusive poluentes. Como exemplo, caracterizamos o transporte de mercúrio (Hg), um contaminante já observado em concentrações acima do limite aceito pela legislação brasileira em alguns trechos do rio Paraíba do Sul.

Durante o ano de 2002, coletamos amostras de água e sedimentos ao longo do sistema de transposição, visando obter concentrações de Hg dissolvido ou associado ao sedimento em suspensão. Tais concentrações foram multiplicadas pelas vazões e pela carga de sedimentos para calcular os fluxos de Hg. Os balanços de massa indicam que a transposição transfere para as bacias receptoras cerca de 460 kg de Hg por ano, 90% dos quais associados aos sedimentos em suspensão. Quase toda a carga de Hg transferida é sucessivamente retida pelos reservatórios, seguindo o padrão descrito para o transporte de sedimentos.

Ao longo do sistema há um aporte adicional de Hg oriundo de outras fontes, como queima de combustíveis fósseis e disposição inadequada de rejeitos resultantes de atividades humanas. O destino final do Hg emitido é o solo das bacias, que se torna, então, um reservatório do poluente; a erosão, por sua vez, é uma via de entrada de Hg nos rios do sistema. A carga de mercúrio do rio Paraíba do Sul é diluída pelo aporte das bacias e pela retenção nos reservatórios, fazendo com que a presença da substância na baía de Sepetiba, que atinge 712 kg/ano, seja determinada sobretudo pela erosão do solo das bacias receptoras; 46 kg/ano (6,5%) vêm do Paraíba do Sul.

Todo projeto de transposição gera conflito entre as partes envolvidas, tanto a que doa quanto a que recebe água, quase sempre em conseqüência das alterações na qualidade desse recurso. No sistema Paraíba do Sul-Guandu, as principais fontes de impacto ambiental causado pela transposição são a ocupação e o uso do solo, alterações do regime de vazão nas bacias receptoras e falta de controle das emissões de rejeitos provenientes de atividades humanas.



MICROBIOLOGIA Estudo da levedura envolvida no processo ajuda a melhorar qualidade da bebida

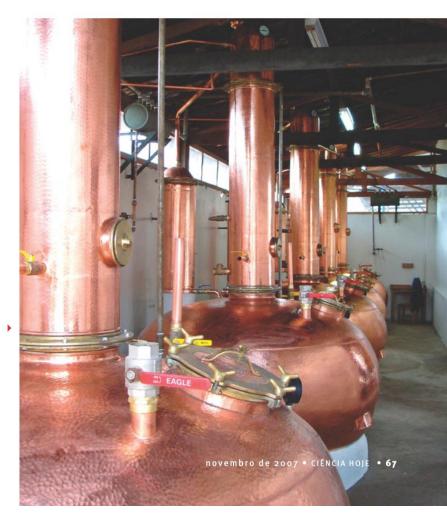
Cachaça: os segredos da fermentação

Bebida alcoólica mais popular do Brasil, a cachaça vem se sofisticando nos últimos anos, com a ampliação de marcas e o aprimoramento da qualidade. Na produção da cachaça de alambique, a fermentação tem um papel especial. Esse processo complexo envolve principalmente a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Identificar linhagens desse fungo mais resistentes e produtivas pode ajudar a melhorar o aroma e o sabor da bebida e evitar alterações de sua qualidade ao longo da safra. Por **Carlos A. Rosa**, do *Departamento de Microbiologia* da *Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)*, **Fátima C. O. Gomes**, do *Departamento de Química* do *Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais*, e **Carol L. C. Silva**, **Fernanda Badotti**, **Cristina R. Viana** e **Roberta A. C. Araújo**, doutorandas do *Programa de Pós-graduação em Microbiologia* da *UFMG*.

A produção anual de cachaça no Brasil é de cerca de 1,3 bilhão de litros. Há no país em torno de 30 mil produtores, dos quais cerca de 8 mil estão em Minas Gerais. A bebida é produzida pela fermentação espontânea do caldo de cana-de-açúcar (com o uso do chamado 'fermento caipira') ou pelo emprego de fermentos industriais, como os utilizados na panificação ou na produção de álcool (etanol). Sua graduação alcoólica – a parcela de álcool no total da mistura – fica entre 38% e 48%.

A fermentação espontânea é a prática mais usada no país e é típica da cachaça de alambique (figura 1). O alambique, em geral feito de cobre, é o aparelho de destilação, no qual o caldo de cana-de-açúcar fermentado, conhecido como 'vinho' de cana, é destilado para a obtenção da cachaça. Na fermentação espontânea, os microrganismos presentes no caldo de cana, nos equipamentos (moendas e dornas) ou trazidos por insetos que visitam as áreas de produção são os responsáveis pelo processo. Esses microrga-

Figura 1. Os alambiques de cobre, onde o vinho de cana resultante da fermentação é destilado para a obtenção da cachaça, são os mais usados, principalmente pelos pequenos produtores



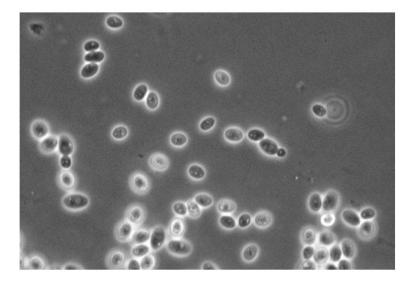


Figura 2.
A levedura
Saccharomyces
cerevisiae, um
fungo unicelular,
é a principal
responsável pela
fermentação
do caldo de cana
para a produção
de cachaça

nismos transformam a sacarose do caldo de cana em etanol, gás carbônico e compostos secundários. Tais compostos — ésteres, aldeídos, álcoois superiores e outros — proporcionam o sabor e o aroma característicos da popular cachaça.

O principal microrganismo presente no fermento caipira é a levedura *S. cerevisiae* (figura 2). Essa espécie de fungo é a mesma utilizada na preparação do fermento de panificação, na produção de álcool combustível e nos processos fermentativos que dão origem à maioria das bebidas alcoólicas conhecidas. Diferentes linhagens dessa levedura são empregadas para a produção de vinhos e de cervejas, e também para praticamente todas as bebidas destiladas.

O S. cerevisiae predomina na indústria de bebidas por sua capacidade de tolerar as condições de fermentação: alta concentração inicial de açúcar, acidez elevada, variações na temperatura, disponibilidade de nutrientes e, principalmente, teores crescentes de etanol. Esses aspectos peculiares selecionam linhagens de levedura que apresentam mecanismos de resistência aos estresses que sofrem durante a fermentação. Tais mecanismos – entre eles, a síntese de substâncias que protegem o microrganismo de compostos tóxicos gerados no processo e do aumento da temperatura – permitem à levedura superar as condições adversas da fermentação, reparam danos causados pelos estresses e a ajudam a sobreviver durante os ciclos fermentativos.

Produção da cachaça O fermento caipira é obtido

O fermento caipira é obtido por meio da fermentação natural de uma mistura com receita variável (pode ser feita com farelo de arroz, fubá de milho e suco de laranja ou limão), à qual é adicionado caldo de cana. Após o crescimento da população de fungos na mistura, mais caldo de cana é colocado, em quantidades crescentes, para fornecer o acúcar necessário

à rápida proliferação do microrganismo. Durante essa preparação, que demora entre cinco e 10 dias, surgem diferentes espécies de leveduras, mas nas etapas finais de proliferação predomina a *S. cerevisiae*. O fermento iniciador ativo é então levado às dornas de fermentação, em quantidade equivalente a 20% do volume dessas dornas (figura 3), onde já está o caldo de cana vindo da moenda e diluído em água.

A partir dessa etapa, 80% do caldo fermentado (o vinho de cana) são retirados das dornas e seguem para o alambique, e o volume das dornas é completado com caldo diluído. Os 20% que ficam na dorna atuam como fermento iniciador. A concentração inicial de açúcares no caldo é medida pelo percentual de sólidos em solução (conhecido como graduação Brix) – a concentração média do caldo de cana diluído deve ser, para obter o melhor rendimento, de 16º Brix, que correspondem a 16% de açúcar.

A fermentação é concluída quando todo o açúcar é consumido pelas leveduras. O caldo fermentado, chamado vinho de cana, é então destilado em alambiques, feito em geral de cobre no caso dos pequenos produtores. Além dos compostos principais produzidos pela levedura, outros podem ser incorporados durante o armazenamento ou o envelhecimento da bebida em tonéis de madeira, outra etapa determinante para a qualidade final da bebida.

Durante o envelhecimento ocorrem inúmeras transformações, incluindo reações químicas entre alguns compostos secundários provenientes da destilação e reações entre substâncias da madeira e compostos do destilado, além da extração direta de componentes da madeira e sua incorporação à bebida. Segundo a legislação brasileira, os recipientes



Figura 3. Na dorna de fermentação de cachaca. as leveduras transformam o açúcar da cana em álcool, gás carbônico (cuja liberação causa borbulhamento) e os compostos secundários responsáveis pelo sabor e pelo aroma típicos da bebida

para envelhecimento (barris, pipas, tonéis) não podem ter volume superior a 700 litros e o tempo não pode ser inferior a um ano. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) é responsável pela fiscalização desse processo, visando evitar fraudes e falsificações.

O contato do destilado com a madeira do recipiente modifica, ao longo do tempo, as características físicas, químicas e sensoriais da cachaça. No Brasil, madeiras como o carvalho, o jequitibá, a umburana e o bálsamo são utilizadas na fabricação de barris e tonéis. O tipo de madeira, o tamanho dos barris e o tempo de envelhecimento podem influenciar nas interações entre a bebida e a madeira. Por meio do envelhecimento é possível corrigir defeitos da fermentação e da destilação, melhorando o sabor da bebida.

Outro aspecto importante, na produção da cachaça, são os padrões de conversão do álcool gerado na fermentação em ácidos e em glicerol, este um álcool adocicado e viscoso. A conversão em ácidos é feita principalmente por bactérias contaminantes e tem significativa influência na qualidade sensorial da bebida. Além disso, em torno de 4% a 5% do açúcar é transformado por *S. cerevisiae* em glicerol, o que pode ter um efeito positivo na suavidade e viscosidade do produto final (figura 4).

Linhagens diferentes

A cachaça é composta principalmente por água, álcoois, aldeídos, ésteres e ácidos, e a fermentação é uma das etapas críticas da sua fabricação. O surgimento ao longo da safra de linhagens diferentes de *S. cerevisiae*, com características de atuação variadas, pode alterar o sabor e o aroma da bebida, dando origem a cachaças diferentes. Nossos estudos, com amostras de fermento caipira de destilarias situadas em diferentes regiões de Minas Gerais, visam selecionar linhagens de *S. cerevisiae* mais resistentes às condições da fermentação do caldo de cana e mais produtivas, que permitam manter inalteradas as propriedades sensoriais da bebida, beneficiando os produtores.

Linhagens de *S. cerevisiae* podem ser distinguidas pela análise dos cromossomos, os pacotes em que é dividido o material genético (DNA). O método molecular tradicional usado para identificar as linhagens é um tipo de eletroforese, no qual os 16 cromossomos da levedura (retirados das células) são colocados em um gel especial e a aplicação de um campo elétrico induz seu deslocamento nesse meio. Os tamanhos (e pesos moleculares) dos cromossomos determinam um deslocamento maior ou menor no gel, e como as linhagens de *S. cerevisiae* apresentam diferenças no tamanho de seus cromossomos, a técnica permite reconhecê-las. Esse método possibilitou, até há alguns



anos, isolar centenas de diferentes linhagens de S. cerevisiae de amostras de fermento caipira.

A identificação do conjunto de cromossomos – o cariótipo – das linhagens de *S. cerevisiae* demora de três a quatro dias. Outros métodos permitem resultados mais rápidos. Nos últimos anos, usamos em nossos trabalhos a análise de restrição do DNA mitocondrial para identificar as linhagens de *S. cerevisiae*. Nesse método, purificamos o DNA presente nas mitocôndrias da levedura e usamos uma enzima de restrição para cortar esse DNA em fragmentos de diferentes tamanhos. Submetidos à eletroforese, os maiores fragmentos se deslocarão menos que os menores, e os perfis moleculares obtidos (os desenhos dos conjuntos de fragmentos no gel) permitirão identificar as linhagens de *S. cerevisiae*. Nesse caso, os resultados são obtidos em cerca de 24 horas.

A correta identificação e caracterização das linhagens de *S. cerevisiae* no processo de fermentação para produção da cachaça é de grande importância do ponto de vista industrial. Dependendo da linhagem do fungo que predomina nas dornas, em cada momento da safra, e das taxas de crescimento da população do microrganismo, a qualidade da bebida varia muito. A alta diversidade de *S. cerevisiae* deve-se a ciclos de fermentação curtos (duração de 20 a 24 horas, em média), às altas temperaturas ambientais nos meses mais quentes da safra e a concentrações elevadas de etanol no final do ciclo (em torno de 7% a 8% do volume total).

Além de selecionar linhagens de levedura mais resistentes, também é de extrema importância caracterizar seu potencial, ou seja, sua capacidade de converter sacarose em etanol e em compostos secundários. Essas características devem ser consideradas na escolha das linhagens iniciadoras para a fermentação. O conhecimento das características da linhagem empregada permite observar as alterações ocorridas, como variações na duração do ciclo fermentativo e na quantidade de cachaça produzida, além de possíveis contaminações indesejáveis. Tudo isso pode levar à produção de uma bebida capaz de agradar aos apreciadores mais exigentes.

Figura 4.
Existem hoje
no Brasil
30 mil (8 mil em
Minas Gerais)
produtores
de cachaça,
obtida a partir
da fermentação
do caldo da
cana-de-açúcar

ECOLOGIA Estudo mostra como o turismo desordenado altera comunidade de peixes recifais

Aquário natural ameaçado

Um dos principais pontos turísticos da Paraíba, o recife de Picãozinho, de beleza peculiar, abriga grande variedade de organismos marinhos. A visitação desordenada, porém, tem provocado danos a esse ambiente, fato que, aliado à falta de fiscalização e de uma orientação adequada aos envolvidos nessa atividade, vem ameaçando a biodiversidade local. Por Martina Di Iulio Ilarri, Allan Tainá de Souza, Paulo Roberto de Medeiros, Renato Grotta Grempel e Cláudio Luis Santos Sampaio, do *Programa de Pós-graduação* do *Departamento de Sistemática e Ecologia* da *Universidade Federal da Paraíba*.

s ambientes recifais são ecossistemas importantes no litoral brasileiro. Além de proteger a linha de costa contra a ação das ondas, abrigam diversos organismos de interesse econômico e ecológico. Em termos de diversidade, tais ambientes são com freqüência comparados às florestas tropicais. Outro aspecto relevante é a geração de emprego e renda para as comunidades litorâneas, como a pesca artesanal e o turismo. Entretanto, apesar do seu valor tanto ecológico quanto socioeconômico, os recifes brasileiros ainda são pouco conhecidos.

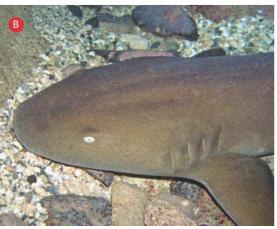
O recife de Picãozinho situa-se a cerca de 1,5 km do litoral de João Pessoa (PB). Mesmo sendo um dos menores recifes do Brasil, com área em torno de 45 mil m², abriga exuberante diversidade de organismos marinhos, que pode ser observada durante as marés baixas, quando se formam piscinas e canais entre as estruturas recifais. Esse recife, um dos mais belos e conhecidos cartões-postais da Paraíba, enfrenta hoje vários problemas, ocasionados pelo descuido dos turistas que o visitam. Até o final da década de 1980 apenas a pesca artesanal e atividades relacionadas

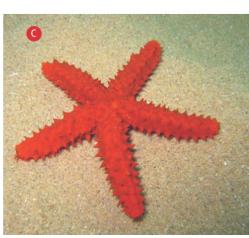
eram observadas em Picãozinho, mas a partir desse período o recife foi 'descoberto' por outras pessoas e sua visitação tornou-se um dos principais roteiros turísticos da capital paraibana.

Diversas espécies de algas verdes, pardas e vermelhas ocorrem em Picãozinho, além de uma ampla fauna marinha que inclui muitas espécies ameaçadas de extinção (figura 1), de acordo com a lista oficial do Ministério do Meio Ambiente. São exemplos o coral-de-fogo (Millepora alcicornis), o búzio-de-chapéu (Strombus goliath), estrelas-do-mar (do gênero Echinaster), a tartaruga-de-pente (Eretmochelys imbricata) e até mamíferos como o boto-cinza (Sotalia guianensis) e o peixe-boi-marinho (Trichechus manatus). Os peixes, porém, são os habitantes mais populares do recife, devido à abundância e à variedade de cores e formas. Até agora, foram registradas 76 espécies no local, entre elas algumas ameaçadas de extinção, como o tubarão-lixa (Ginglymostoma cirratum), o neon (Elacatinus figaro), o mero (Epinephelus itajara), o grama (Gramma brasiliensis), o zumbi (Anisostremus moricandi) e a cioba (Lutjanus analis).

Figura 1. Espécies ameaçadas de extinção, como o grama (Gramma brasiliensis) (A), o tubarão-lixa (Gynglimostoma cirratum) (B), e a estrela-do-mar (Echinaster sp.) (C) são observadas cada vez menos no recife de Picãozinho











Com grande frequência (em torno de 15 dias a cada mês), ex-pescadores e agências de turismo local levam a Picãozinho, durante a maré baixa, dezenas de turistas (figura 2). Durante o trajeto da praia ao recife, informações básicas sobre tais ambientes são passadas aos visitantes, e estes são orientados para evitar pisar nos corais e não lançar lixo ao mar. Infelizmente, as orientações nem sempre são acatadas - muitos turistas embarcam já preparados para andar sobre os recifes, levando sandálias, sapatos e até botas de borracha (figura 3). O intenso pisoteio observado nas visitas destrói organismos associados à estrutura recifal e aumenta o material em suspensão na água, reduzindo sua transparência. Além disso, rações e pães destinadas a atrair os peixes são vendidos nas embarcações turísticas, e esse alimento extra altera o comportamento das espécies e a estrutura da comunidade (figura 4).

A sobrepesca, como é chamada a captura maior que a reposição natural de uma espécie, e a falta de fiscalização são problemas que ocorrem diariamente no recife de Picãozinho. Além disso, certas algas (como *Halimeda opuntia*, um dos principais produtores do sedimento no local) são com freqüência coletadas e comercializadas como substrato e ornamento para aquários. Os peixes neon e grama, entre outros, também sofrem intensa coleta para a aquariofilia, o que vem provocando a drástica redução de suas populações no local. Atualmente, porém, a maior ameaça ao recife está nas atividades turísticas desordenadas e sem fiscalização.

Os prejuízos do turismo

Para avaliar os efeitos do turismo sobre a comunidade de peixes, foi utilizado um método de contagem desses animais que não exige sua coleta ou sacrifício: o censo visual estacionário. As contagens foram realizadas antes, durante e após a visitação turística. Nesse tipo de censo, um mergulhador permanece no centro de um círculo imaginário com 2,5 m de raio e durante cinco minutos anota em planilhas de plástico, com lápis, o nome das espécies de peixes que nadam dentro dessa área. Nos cinco minutos seguintes, ele registra o número de indivíduos e seus tamanhos. Além desses dados, são anotados o número de Figura 2. Diversas embarcações cheias de turistas ancoram no recife de Picãozinho durante a maré baixa e ali permanecem por pelo menos duas horas

turistas presentes e a transparência da água. De fevereiro a junho de 2006, época do ano de visitação turística moderada e visibilidade adequada à aplicação desse método de estudo, foram realizados 32 censos em cada um dos três momentos.

Cerca de 90 turistas, por dia, freqüentaram o recife nessa época. Antes de sua chegada, foram observadas 28 espécies de peixes, número que caiu para 22 durante a visitação e voltou a aumentar (para 25) após estas. O número de indivíduos registrado para cada espécie foi bastante desigual. O sargentinho (Abudefduf saxatilis) predominou nos três períodos amostrados: eram dessa espécie 74% dos peixes antes



Figura 3. O pisoteio dos turistas sobre os corais é um dos problemas observados durante a visitação turística no recife



Figura 4. Durante a visitação os turistas alimentam os peixes com migalhas de pão e rações que são vendidas em embarcações

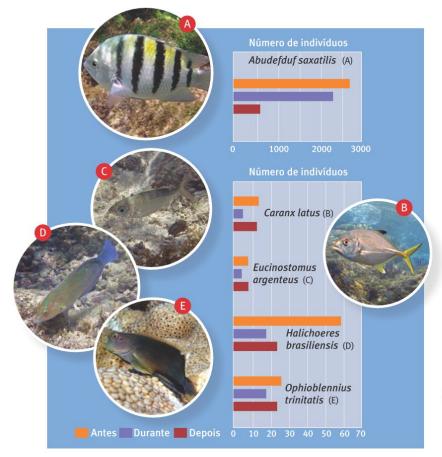


Figura 5. As contagens realizadas no recife de Picãozinho evidenciam como a visitação turística altera o comportamento dos peixes

das visitas, 75% ao longo destas e 36% depois que os turistas deixavam o recife (figura 5). O número de indivíduos de outras espécies foi significativamente menor. Embora o sargentinho seja comum nos ambientes recifais brasileiros, a proporção de indivíduos registrados em nosso estudo é muito superior à de outros trabalhos realizados no país. As observações revelaram que a espécie, no recife de Picãozinho, apresenta alterações comportamentais notáveis: os indivíduos agregam-se devido à grande oferta de alimento pelos turistas e se afastam para outros locais após o término das visitações.

O padrão oposto foi observado para espécies como xaréu-branco (Caranx latus), carapicu (Eucinostomus argenteus), budião-brasileiro (Halichoeres brasiliensis) e maria-da-toca (Ophioblennius trinitatis). Com a chegada dos turistas, tais peixes tendem a se afastar para locais onde é menor o número de visitantes, e só retomam sua distribuição normal quando a visitação termina. As espécies territoriais, que defendem as áreas onde vivem contra organismos intrusos, como as donzelinhas (do gênero Stegastes), são as mais afetadas, pois seus territórios, além de pisoteados pelos turistas, são invadidos durante a visitação por grande número de sargentinhos.

Outros problemas foram detectados durante a realização dos censos. O pisoteio dos turistas reduz em até 65% a visibilidade na água. As partículas produzidas pelo pisoteio depositam-se aos poucos sobre algas e corais, reduzindo a taxa de fotossíntese naquelas e obstruindo os pólipos destes, o que dificulta

sua alimentação. A ancoragem dos barcos é realizada 🚆 sempre sobre o recife, quando o correto seria lançar a âncora sobre o fundo de areia adjacente. Em algumas áreas, as âncoras já quebraram grandes pedaços das bordas recifais. O descarte de lixo é um problema ainda mais sério. Além de restos de comida, alguns turistas deixam em Picãozinho pontas de cigarros, sacos e garrafas plásticas. Esses materiais prejudicam diversas espécies marinhas, como peixes, tartarugas, aves e mamíferos, porque sua ingestão pode causar asfixia ou lesões no trato digestivo, que muitas vezes levam os animais à morte.

Outros impactos sobre o ambiente recifal, que precisam ser mais estudados, são a contaminação da água por protetores solares e hidratantes, além do vazamento de óleo combustível dos barcos. Em alguns recifes protegidos do mundo são estritamente proibidos o uso de protetores solares e a presença de barcos motorizados.

Como minimizar danos

O turismo, apesar desses aspectos negativos, é uma atividade importante para a economia local. Por isso, é preciso elaborar programas de adequação dessa atividade, visando a sua sustentabilidade, associada a maior proteção ao recife. A Campanha de Conduta Consciente em Ambientes Recifais, lançada pelo Ministério do Meio Ambiente em 2001, aponta as atitudes e ações necessárias para a proteção desses ambientes (disponível em www.mma.gov.br/port/sbf/ dap/compcor.html), mas seu cumprimento não é observado em Picãozinho. Para que isso ocorra, é preciso informar os responsáveis pela atividade turística local sobre essas normas, além de promover ações educativas (envolvendo pescadores e turistas, por exemplo) e de fiscalização.

A disponibilização de locais apropriados à ancoragem, a delimitação das áreas do recife que podem ser visitadas (evitando o pisoteio), a melhor qualificação dos operadores de turismo (por meio de cursos), além da limitação do número de visitas diárias e a proibição da prática de alimentar os peixes, são medidas que podem ser facilmente implantadas a baixo custo. O financiamento de embarcações a vela seria uma alternativa ao uso de motores, minimizando a poluição do ambiente marinho.

Picãozinho, por ainda abrigar espécies ameaçadas de extinção, necessita ser bem estudado, com vistas à elaboração de um plano de manejo eficiente. Somente com pesquisas sobre a biodiversidade marinha, incorporando a influência do turismo, e com ações freqüentes de educação e fiscalização no local poderão ser definidas medidas de conservação mais eficientes, capazes de garantir que esse aquário natural possa ser frequentado pelas gerações futuras - tanto de turistas quanto de peixes.

O grande equívoco

Big Bang

Simon Singh

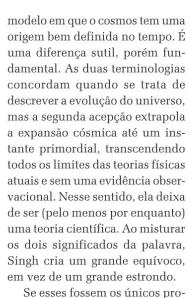
Rio de Janeiro, Record, 504 p., R\$ 64

livro Big Bang – tudo sobre a mais importante descoberta científica de todos os tempos e por que esse conhecimento é indispensável propõe-se a contar a fascinante história do modelo cosmológico atual sobre a estrutura e a evolução do universo e explicá-lo de forma accessível. Seria uma espécie de obra definitiva sobre o Big Bang.

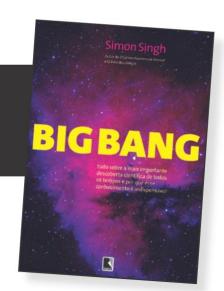
O autor parte dos primórdios das civilizações, com seus mitos sobre a criação do universo até chegar próximo do fim do século passado, com a descoberta das flutuações de temperatura na radiação cósmica de fundo, um dos pilares do modelo cosmológico atual e cuja descoberta levou o prêmio Nobel de Física de 2006. O livro conta em detalhes algumas etapas do desenvolvimento da astronomia e da cosmologia, com ênfase nos acontecimentos do século 20, que de fato proporcionaram os alicerces da cosmologia moderna, tanto em sua fundamentação teórica quanto observacional. Assim, o leitor é conduzido pela saga da construção do modelo cosmológico atual através de alguns de seus protagonistas, concatenando suas descobertas científicas e também suas vidas pessoais. Simon Singh apresenta ainda alguns debates que permearam a cosmologia, com suas idéias "vencedoras" e "perdedoras".

Seria uma leitura agradável e instrutiva sobre um tema instigante não fossem as imprecisões e alguns erros encontrados. Na verdade, o texto parte de uma premissa errada, que se repete ao longo do livro e é apresentada logo na primeira página: "O modelo do Big Bang (grande explosão) oferece uma explicação elegante para a origem de tudo o que vemos no céu noturno." Essa frase contém erros conceituais muito fregüentes. Em primeiro lugar, a tradução de Big Bang não é apropriada, melhor seria 'grande estrondo', ou simplesmente 'cabum'. Explosões se iniciam em um ponto bem definido, têm centro. Segundo o modelo do Big Bang, o universo é igual, na média, em todos os pontos e direções. Portanto, ele não possui um centro, embora esteja em expansão.

O próprio nome *Big Bang* já incorpora uma ambigüidade. Para uns, trata-se de um modelo cosmológico que descreve a história do universo. Esse modelo está fortemente apoiado em um vasto conjunto de observações astronômicas e em teorias físicas, conhecido como 'modelo padrão da cosmologia'. Outro significado desse mesmo termo refere-se a um



blemas do livro, bastaria advertir o leitor sobre eles e recomendar a leitura. No entanto, ele é permeado de outras incorreções e distorções. Algumas regras elementares da física são transgredidas: há quantidades físicas sem unidades, confusão entre massa e densidade, unidades erradas etc. Por envolver algumas idéias um pouco distantes do cotidiano, a cosmologia às vezes pode dar margem a dificuldades de interpretação e é



comum ver erros em materiais de divulgação nessa área. O livro de Singh parece ser uma síntese desses erros, causando confusão ao tratar de assuntos como a curvatura do universo, sua finitude ou infinitude, a interpretação da expansão cósmica, o passado e o futuro da expansão e a sua conexão com a chamada constante cosmológica e com o conteúdo material do cosmos.

No intuito de mostrar que o "modelo do *Big Bang* pode ser entendido por todos", o autor procura explicar alguns conceitos através de analogias simples, mas que acabam levando a interpretações equivocadas. Outras analogias igualmente de fácil compreensão, mas conceitualmente mais corretas, poderiam ter sido utilizadas.

Para completar, o livro é recheado de adjetivos superlativos utilizados para formular frases bombásticas de cunho puramente midiático. Por exemplo, ele diz que "os astrônomos [...] passariam o resto do século 20 construindo telescópios maiores, melhores e mais poderosos, até finalmente conseguirem fazer a observaçãochave que transformaria nossa visão de mundo". Aí ele refere-se à descoberta da expansão do universo feita por Hubble em 1929, um pouco cedo para dizer "o resto do século 20"... Aliás, segundo o livro, "com uma única observação, captada em uma única chapa fotográfica, Hubble tinha mudado nossa visão de universo [...]". Naturalmente a ciência requer que os experimentos sejam reprodutíveis e dificilmente um cientista faria uma afirmação forte baseado em um único resultado. De fato, Hubble procurou confirmar seu resultado com diversas observações antes de anunciá-lo. É importante dizer que Hubble nunca extrapolou a sua descoberta da expansão do universo para concluir que este teve um instante de criação, ao contrário do que faz Singh.

Outro ponto fraco é a falta de atualidade do livro, apesar de ter sido editado há apenas três anos. É consensual que a última década foi particularmente frutífera para a cosmologia. No entanto, o livro praticamente ignora assuntos contemporâneos, como a energia escura, um dos maiores enigmas atuais da cosmologia. Há ainda alguns pequenos problemas de tradução, mas que são realmente menores diante dos outros.

Apesar de tudo, o livro acompanha o desenvolvimento histórico da cosmologia com um detalhe que é pouco comum em livros de divulgação da área. Outro ponto positivo é que ele possui muitas citações divertidas no início de cada seção e em um pequeno apêndice especialmente dedicado a elas. Certamente o livro tem o seu valor para o público interessado em cosmologia, desde que lido e interpretado com muito cuidado. Para o leitor não especialista, é um livro a ser acompanhado de leituras suplementares mais cuidadosas. Já o especialista vai poder isolar as imprecisões e erros, aproveitando os interessantes aspectos históricos. No entanto, corre o risco de se irritar com algumas imprecisões. Talvez o melhor mesmo seja o público esperar por uma nova edição, cuidadosamente revisada. Ah, o autor apenas se esqueceu de dizer por que esse conhecimento é indispensável...

Martín Makler

Coordenação de Cosmologia, Relatividade e Astrofísica, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ)

Do físico ao médico moderno - A formação social da prática médica

Roberto Passos Nogueira

São Paulo, editora Unesp, 173 p., R\$ 30

Desde a Antigüidade clássica grega até a Idade Média, havia a divisão entre a medicina interna (então chamada de física), ou farmacêutica, e a cirurgia. Essa separação não era meramente relativa à técnica, fazendo-se presente também nos campos filosófico e social. No entanto, como aponta o autor, a partir da transição entre a Idade Média e a Idade Moderna iniciou-se um movimento de encontro entre as duas práticas, que, nos dias atuais, consistem em subdivisões da medicina moderna. Nogueira descreve o processo percorrido

pela prática médica até adquirir o caráter contemporâneo, em meados do século 19. Discordando do filósofo francês Michel Foucault, com seu conceito de episteme, ele privilegia em seu enfoque a organização social da medicina.



Mal da Terra

Hubert Reeves e Frédéric Lenoir

São Paulo, Paz e Terra, 242 p., R\$ 41

"Antes de ser um astrofísico, sou um habitante da Terra, um cidadão do mundo". Com essa frase, Hubert Reeves justifica as preocupações que o levaram a escrever em parceria com o sociólogo Frédéric Lenoir, este livro. Através de diálogos, nos quais Lenoir faz o papel do entrevistador e Reeves, do entrevistado, são colocadas diversas questões a respeito da crise ambiental que atinge o planeta, como a poluição atmosférica, os modelos energéticos atuais, a produção de alimentos e sua distribuição desigual, a extinção de espécies, entre outros. Por fim, a partir de dados gerados por

instituições reconhecidas internacionalmente e de teorias cientificamente respeitadas, o autor sugere caminhos e soluções a serem adotados para amenizar, e mesmo acabar, com a ação predatória do homem na natureza.



Uma poderosa barreira

Estudos pioneiros realizados em 1957 pelos virologistas Alick Isaacs e Jean Lindemann foram essenciais para a descoberta e posterior compreensão de como os vertebrados se defendem de infecções virais. Eles observaram que células do embrião de galinha desafiadas com o vírus influenza secretavam uma substância capaz de proteger células não infectadas contra a multiplicação de diferentes tipos de vírus. Por ter a propriedade de interferir na multiplicação viral, recebeu o nome de interferon (IFN).

abe-se hoje que os interferons formam uma família de proteínas constituída, em humanos, por 12 genes codificadores de IFN do subtipo α e por um gene que codifica IFN do subtipo β . Os IFNs α e β , principais representantes da subfamília denominada tipo I, caracterizam-se por reconhecer um receptor na superfície das células e com ele interagir, apresentando atividade antiviral, antiproliferativa celular e imunomoduladora. O IFN que reconhece um receptor celular diferente do anterior denomina-se γ, ou tipo II. Ele exerce as mesmas atividades biológicas dos IFNs do tipo I, mas age sobretudo como imunomodulador. Recentemente foram identificados IFNs λ, que também têm atividade antiviral e agem em um receptor celular distinto dos dois anteriores, constituindo os IFNs tipo III.

Produzidos em resposta à infecção viral, os IFNs atuam em seus receptores celulares, estimulando as células a se defenderem da infecção que está por vir e criando um 'estado antiviral'. Logo que se multiplica em uma célula A, o vírus a deixa para infectar uma célula vizinha B. Mas esta já estará sensibilizada pelo estímulo recebido dos IFNs secretados pela célula A. Quando o vírus invadir a célula B, ela sofrerá ativação do estado viral, que só se efetiva na presença do vírus - o genoma viral é o co-fator necessário ao processo -, interrompendo a síntese protéica e, consequentemente, a síntese das proteínas virais. O estado antiviral também induz a célula in-

> fectada à apoptose (morte celular), impedindo que o vírus se multiplique e a infecção se espalhe para além das células A e B.

A secreção de IFNs também estimula a secreção de quimiocinas, substâncias que têm papel central na atração de linfócitos para o tecido infectado e na montagem de uma resposta inflamatória, com o objetivo de delimitar a área atingida.

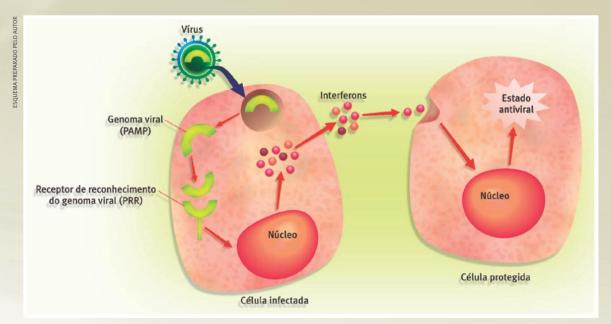
Como o hospedeiro reconhece um vírus?

Moléculas da superfície de vírus, bactérias e fungos – ou o genoma desses organismos - conferem a eles características únicas, criando os chamados padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs). Assim, o



Jean Lindemann por volta de 1960

50 anos



Os vírus infectam as células, e o genoma viral, liberado no citoplasma, é reconhecido por um receptor.

Após esse reconhecimento, as células produzem interferons, que farão com que as células vizinhas adquiram um 'estado antiviral'. Se forem infectadas, sua síntese protéica será bloqueada e elas serão induzidas à apoptose (morte celular)

lipopolissacarídeo, o peptidioglicana, a dictina e algumas glicoproteínas podem ser PAMPs característicos de bactérias gram-negativas, gram-positivas, fungos e vírus, respectivamente. Essas moléculas – bem como genomas com baixo grau de metilação (diferente do genoma do hospedeiro, altamente metilado) – podem ser reconhecidas por receptores especializados em detectar PAMPs. Tais receptores são expressos na superfície de células localizadas nas portas de entrada de microrganismos no hospedeiro (mucosas, epiderme, pulmões etc.), com a função de reconhecer patógenos.

Ao identificar um patógeno, essas células emitem sinais que levam à produção de substâncias com atividade antiviral (IFNs) e pró-inflamatória, como quimiocinas, fator de necrose tumoral e interleucina (IL) 1, 6 e 12. Embora a maior parte das células do nosso organismo possa secretar IFNs, as células dendríticas plasmocitóides são responsáveis pela produção dessas citocinas em grande escala. Portanto, os IFNs têm papel central na elaboração da resposta antiviral logo após o reconhecimento microbiano, contribuindo para a fase inata da imunidade do hospedeiro.

Nesse período, o indivíduo infectado ainda não pode contar com sua imunidade humoral (dependente de anticorpos específicos) ou celular (associada a diferentes tipos de linfócitos), que só se manifestará mais tarde durante a infecção. Os IFNs terão papel decisivo também na montagem da resposta adaptativa, que envolve a ativação da resposta celular e humoral. Depois de secretados, os IFNs, além de promover o 'estado antiviral', permitirão que o

hospedeiro evolua de uma resposta imune inata para uma resposta imune adaptativa.

Uso clínico

Os IFN-a têm sido empregados no tratamento de infecções virais como a hepatite B e C, papilomatoses associadas ao papilomavírus humano (HPV) e infecções responsáveis pela imunossupressão intensa do hospedeiro, como a Aids e o sarcoma de Kaposi, causados pelos vírus HIV e HHV8, respectivamente. Embora tenham demonstrado razoável eficiência terapêutica no tratamento dessas viroses, a utilização clínica dos IFN-α revelou-se mais eficaz quando associada a outros antivirais, como o 5-fluoruracil e o zidovudine (AZT), para tratar, respectivamente, o câncer de colo retal e o sarcoma de Kaposi. Os IFN- α são usados também no tratamento de alguns tipos de cânceres de origem hematopoiética, como a leucemia de células pilosas, leucemia mielóide crônica e linfoma folicular não-Hodgkin's. O IFN-β, por sua vez, é usado no tratamento da esclerose múltipla; e o IFN-γ é indicado para tratar doenças como a tuberculose.

Auto-imunidade

O uso prolongado de IFNs do tipo I durante o tratamento de cânceres ou de infecções virais pode levar ao desenvolvimento de auto-imunidade (reação que ocorre em um indivíduo contra tecidos dele próprio). Em portadores de lúpus eritematoso sistêmico, por exemplo, verificou-se aumento considerável de IFN do tipo I circulante. O diabetes melito dependente

Justa homenagem

Mais uma vez a CH presta justa homenagem a um dos nossos pesquisadores. Refiro-me à excelente entrevista com a doutora Agnes Nishimura (CH 240). Transmitam a ela a nossa admiração. Ela faz parte do Brasil de que nos orgulhamos. Nossos pesquisadores são mesmo obstinados. Sujeitam-se a parcas 'bolsinhas', quando as conseguem, e partem para o exterior deixando suas famílias, superam muitas adversidades e, quando retornam, enfrentam a institucionalizada 'falta de verbas' e uma legislação às vezes limitante ao desenvolvimento científico. Por outro lado, vemos uma dinheirama sugada pelos ralos da corrupção e do desperdício, manipulados por políticos e 'otoridades', se não corruptos, absolutamente incompetentes. E a grande mídia permanece absorta aos feitos de 'brunas surfistinhas'.

FELICIO A. SAAD SÃO PAULO, SP

Algumas sugestões

Parabéns pela revista, não somente pelos assuntos abordados, mas também pela síntese que elimina o cansaço. Mesmo assim, como técnico em recursos audiovisuais, embora não esteja na função, gostaria de sugerir a essa equipe gloriosa o seguinte: 1. que aumente em um ponto a fonte, para facilitar a leitura pelos idosos e deficientes; 2. que as fotos nunca sejam divididas entre as páginas, para facilitar o escaneamento para pesquisas de estudantes; 3. que todos os artigos tenham o endereço eletrônico de seus idealizadores, para contato de leitores, e suas páginas na internet, para expansão de conhecimentos; 4. que o banco de fotos esteja à disposição dos internautas para baixar imagens; 5.que a interatividade entre a revista e os cientistas anônimos possa acontecer (...); 6. que a revista abra uma página de bate-papo na internet que una pesquisadores e estudantes na busca de conhecimentos.

A. SALES
ITAPEMIRIM, ES

Agradecemos as sugestões, e esclarecemos que: 1. não é possível aumentar o corpo da letra, pois isso significaria perder espaço para os textos; 2. a divisão das fotos

em páginas diferentes é um recurso gráfico às vezes necessário para a harmonia da diagramação; 3. o fornecimento dos endereços eletrônicos dos autores depende da autorização destes; 4. as imagens são de propriedade de seus autores, e por isso a revista não pode criar um banco de fotografias à disposição dos internautas; 5 e 6. a revista está aberta a sugestões de leitores e cientistas, em sua página na internet (www.cienciahoje.org.br), e está estudando a possibilidade de criar uma área de interatividade nessa página.

Densidade do urânio

Venho através desta indicar um erro na matéria 'A rica polêmica sobre o urânio empobrecido'. Nela está escrito que o urânio "é o elemento mais denso que ocorre na natureza". Embora esse elemento tenha o núcleo mais pesado que existe naturalmente na Terra, o irídio e o ósmio são os elementos mais densos encontrados na natureza.

Cássio Bezerra de Oliveira Belém, PA

De fato, o leitor está correto.

Quatro elementos naturais exibem densidade de matéria acima de 20 toneladas por metro cúbico: ósmio (22,6 t/m³), irídio (22,4 t/m³), platina (21,4 t/m³) e rênio (21 t/m³).

Depois vêm tungstênio e ouro, com 19,3 t/m³, e o urânio com 18,9 t/m³.

O que se pode dizer é que o urânio é o elemento radioativo natural de maior densidade.

Incentivo à ciência

Desde que ingressei na universidade deliciava-me com as leituras da *CH*. Como bolsista ganhei por algum tempo a assinatura dessa revista e fiquei muito feliz por ter acesso mais freqüente a essa publicação de qualidade sobre todas as áreas da pesquisa. O convênio firmado entre o Instituto Ciência Hoje e o CNPq proporcionava a nós, estudantes, a ampliação de nossa formação como futuros profissionais e pesquisadores. Quero expressar meus sinceros agradecimentos à revista,

que nos mantêm atualizados e serve de incentivo à prática acadêmica e científica.

DANDARA MONALISA M. S. Q. BEZERRA
CAMPINA GRANDE, PB

Leitura obrigatória

Tenho recebido os números de 2007 da CH em meu endereço temporário nos Estados Unidos, onde realizo estudos por um ano. Quero agradecer pelo envio desses exemplares, que mantêm a altíssima qualidade, tanto de apresentação quanto de conteúdo, já amplamente reconhecida. A leitura da revista, que discute aspectos da realidade brasileira, tem enriquecido, com informações seguras, diferentes temas com que me deparei em minha vida acadêmica e de cidadão brasileiro, o que faz dela uma leitura obrigatória para mim. (...) Espero que a CH continue a ser a referência de qualidade na qual ela se transformou ao longo de sua existência.

HARRY EDMAR SCHULZ
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA
E SANEAMENTO, UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO (EM SÃO CARLOS),
E DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,
UNIVERSITY OF MINNESOTA,
ESTADOS UNIDOS

O dia da araucária

A título de colaboração, envio cópia de decreto, de maio de 2005, em que é instituído o Dia Nacional da Araucária, a ser comemorado sempre em 24 de junho. Solicito que a informação seja repassada a Flávio Zanette, que sugeriu, na matéria 'Melhor em pé que deitado' (*CH* 241), a criação de um dia nacional para a floresta de araucária.

Marco A. S. Guimarães Canela, RS

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

CORREIO ELETRÔNICO:

cienciahoje@cienciahoje.org.br

novembro de 2007 • CIÊNCIA HOJE • 79

A Eva mitocondrial

Marco Moriconi

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



escobrir parentescos pode ser uma atividade tanto prazerosa quanto surpreendente. É provável que o leitor já tenha passado por algo do tipo "Mas, então, você é sobrinho da prima da mulher do Teobaldo! Ele é cunhado da sogra do meu avô!" Essas relações familiares podem ser claras para alguns,

mas, para outros, deixam dúvidas como "será, então, que somos primos de trigésimo grau?" ou "Então... sou meu próprio avô!"

Brincadeiras à parte, a pergunta desta coluna é a seguinte: é possível provar que somos todos parentes?

Há um argumento muito simpático atribuído a Daniel Dennett. Esse filósofo norteamericano mostra matematicamente

que existiu uma mulher (obviamente, há muitos e muitos anos) que é uma espécie de superavó de todos nós. É a chamada Eva mitocondrial.

Primeiramente, alguns fatos de biologia. Nas células, há uma organela chamada mitocôndria, que age como uma 'fábrica' de energia celular. No interior dela, há um material genético denominado DNA mitocondrial (mtDNA). Este é passado unicamente da mãe para a prole (filhos ou filhas). Portanto, para

nossos propósitos aqui, basta saber que há algo que passa da mãe para os descendentes dela.

Vamos, agora, à matemática.

Como isso pode nos ajudar a mostrar que somos, de fato, todos parentes? Considere todas as pessoas que estão vivas neste exato momento. Esse conjunto, que chamaremos P (de população), é grande, mas finito (tem menos de 7 bilhões de pessoas).

Um fato simples, mas útil: todo membro de P tem mãe. Antes de prosseguirmos, vamos dar uma 'enxugada' em P: manteremos nele, além de todos os homens, apenas as mulheres que são órfãs de mãe. Exemplo: se Ana é órfã de mãe e é mãe de Beatriz, que é mãe de Cláudia, então removemos Beatriz e Cláudia, mas mantemos Ana no conjunto. Chamaremos esse P 'enxugado' de OH (de órfãs e homens).

Considere, agora, o conjunto M1, que reúne as mães dos membros de OH. M1 é menor (tem menos elementos) que OH, pois toda pessoa em OH tem mãe, mas cada mãe em M1 pode ter mais de um(a) filho(a).

Agora, entra em cena o conjunto das mães das mulheres de M1. Esse conjunto (M2) é também menor que M1, por razões análogas ao que acabamos de discutir para M1 em relação a OH. Prosseguindo assim, podemos definir um conjunto M3, das mães das mulheres em M2. E assim por diante. E cada conjunto será menor que o anterior.

Seguindo esse raciocínio, chegaremos ao menor conjunto possível: com só um elemento! Eis aí a Eva mitocondrial, aquela que passou seu DNA mitocondrial para todos nós hoje.

Portanto, leitor, você é parente deste colunista (Ah!, sim, prazer em conhecê-lo. Aliás... você conhece o tio Teobaldo?).

Observação pertinente: em princípio, poderíamos ter um grupo de mulheres filhas únicas, cujas mães são filhas únicas e assim por diante; nesse caso, não poderíamos aplicar o argumento de os conjuntos ficarem menores a cada passagem (aqui, estamos assumindo a hipótese de a probabilidade de isso acontecer ser praticamente nula).

Alerta: se um 'primo' distante aparecer, de repente, querendo passar uns dias na sua casa e alegando ser filho da 'tia Eva', olho vivo!

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Iniciando com 3 mil bananas, Almacaque terá que fazer ida-volta-ida até o posto de abastecimento, consumindo cinco bananas por km, até que o total disponível sejam 2 mil. Isso se dá com um posto de abastecimento a 200 km de Bagdananah. Depois disso, Almacaque consumirá três bananas por km (como na solução da coluna passada) por 333,3 km. Quando ele se encontrar a 466,6 km de Dubaibuína, ele poderá carregar todas as 1 mil bananas restantes, entregando um total de 533,3 delas.

DESAFIO

A razão pela qual 'enxugamos' o conjunto P foi para evitar um (pequeno) problema técnico, o das 'avós empilhadas'. Qual seria o problema se não tivéssemos enxugado P?