

REVISTA DE
DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA
DA SBPC

232



SB
PC

VOL. 39
NOVEMBRO
2006
R\$ 8,90

ALTERNATIVA VERDE
Energia solar retida em plantas pode ser
opção para combustíveis fósseis

MOSQUITOS TRANSGÊNICOS
Insetos geneticamente modificados são
possíveis armas contra a malária

MAURÍCIO PEIXOTO
Uma vida dedicada
a entender a beleza
da matemática



DINOSSAUROS DO FUTURO

Tecnologia digital ajuda a reconstruir
gigantes do passado

Ética e política

Um dos ensinamentos mais antigos da filosofia política sustenta que os domínios da ética e da política são essenciais à interação social – é o que afirma o pensador grego Aristóteles (384-322 a.C.) tanto na *Ética a Nicómaco* quanto na *Política*, duas de suas obras centrais. Com efeito, nenhum agregado humano sustenta-se sem um conjunto de orientações a respeito do que significa a melhor maneira de viver.

Para Aristóteles, a melhor maneira de viver só pode ser construída em comum com os outros seres humanos. A atividade que viabiliza essa experiência comunitária é justamente a política. A existência de um espaço público e comum, por sua vez, é condição para a materialização da ética. O Estado, portanto, como “associação de homens livres”, continua Aristóteles, funda-se em uma complementaridade necessária entre ética e política.

No estado democrático de direito, no qual o princípio da soberania popular está associado à observação estrita de normas jurídicas claras, a materialização da ética na vida pública se dá pelo imperativo da legalidade, e não por arroubos individuais e autodeclarações de virtude. Governos lenientes e corruptos não agridem apenas valores tradicionais de honestidade. Fazem coisa pior: conspiram contra a legalidade.

Outro importante ensinamento da filosofia política clássica é a de que o exercício do poder sem apreço à legalidade tem nome: ‘despotismo’. O déspota, antes de tudo, suprime e dilapida o interesse público e comum. Exerce o poder orientado por suas conveniências pessoais. Em sua obra *Histórias*, o pensador grego Heródoto, que viveu no século 5 a.C., não se iludia a respeito do que um tirano pode fazer: “Ele muda as instituições dos nossos antepassados, viola mulheres e manda matar homens sem julgamento.” A corrupção é um de seus modos possíveis, mas o seu efeito mais deletério exige um neologismo: o ‘republicídio’.

O imperativo da ética não significa submeter a política à jurisdição de princípios externos e moralizadores. O que importa é perceber a política como um processo de deliberação e decisão a respeito do interesse público – que exige, ‘em seu interior’ e como condição de possibilidade, a adesão a valores e a definições sobre a melhor maneira de vivermos em conjunto.

Momentos pós-eleitorais podem ser propícios a reflexões dessa natureza. O fortalecimento de uma esfera pública e republicana, na qual a cultura científica e crítica tem papel de enorme relevância, parece ser indispensável para a requalificação da política. Sem ética pública, a democracia converte-se em mera disputa pela captação de sufrágio e em uma sucessão de temporadas de caça aos eleitores.

É necessário muito mais do que isso para que essas antigas palavras gregas – ética, política e democracia – sejam levadas a sério.

Renato Lessa

Diretor Presidente do Instituto Ciência Hoje

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* (volumes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuero A, 50 A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). **ISSN:** 0101-8515

DIRETORIA

Diretor Presidente • Renato Lessa (IUPERJ)
Diretores Adjuntos • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ) • Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)
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 (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Ricardo Iglesias Rios (Instituto de Biologia/UFRJ) • Ciências Econômicas – Franklin Serrano (Instituto de Economia/UFRJ) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) • Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Humanidades – Ricardo Benzaquen de Araújo (IUPERJ)

REDAÇÃO

Editora Executiva • Alicia Ivanissevich; **Editora Assistente** • Sheila Kaplan; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Setor Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Fred Furtado, Mariana Ferraz e Franciane Lovati; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho; **Colaboraram neste número** • Gabriela Diniz e Rosa Maria Mattos (reportagem)

ARTE • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.

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

SUCURSAIS

SÃO PAULO • Correspondente • Vera Rita da Costa (verarita@cienciahoje.org.br). End.: Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374. Travessa J, sala 232, Cidade Universitária, CEP 05508-900. São Paulo, SP. Tel.: (0xx11) 3814-6656 e Telefax: (0xx11) 3091-4192

SUL • Curitiba • Correspondente • Roberto Barros de Carvalho (chsul@ufrpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê, CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (0xx41) 3313-2038. Apoio: Universidade Federal do Paraná

REPRESENTAÇÕES

SALVADOR • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (sbpc@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA. CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0xx71) 247-2033. Fax: (0xx71) 235-5592

COMERCIAL E PROJETOS EDUCACIONAIS • Superintendente • Ricardo Madeira; • **Publicidade** • Sandra Soares; **Projetos educacionais** • Tatiana Marques. End.: Rua Berta, 60 - Vila Mariana, CEP 04120-040, São Paulo, SP. Telefax: (0xx11) 5083-5025 cienciasp@cienciahoje.org.br. **Circulação e assinatura** • Gerente • Gláucia Viola. Telefax: (0xx21) 2109-8959. glaucia@cienciahoje.org.br

REPRESENTANTES COMERCIAIS

BRASÍLIA • Joaquim Barroncas – Tels.: (0xx61) 226-1824/9972-0741. Fax: (0xx61) 226-1824

PRODUÇÃO • Maria Elisa C. Santos; Irani Fuentes de Araújo

RECURSOS HUMANOS • Luiz Tito de Santana

EXPEDIÇÃO • Gerente • Adalgisa Bahri

IMPRESSÃO • Sinergia 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 • Redaçãocienciahoje@cienciahoje.org.br



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, fundada em 1948, é uma entidade civil sem fins lucrativos, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país. **Sede nacional:** Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP. Tel.: (0xx11) 3259-2766 e Fax: (0xx11) 3106-1002.

Ciência Hoje e CNPq/MCT são parceiros no fortalecimento da iniciação científica e na popularização da ciência

Apoio

20 Os dinossauros do futuro

Dinossauros e outros seres extintos eram estudados, até recentemente, quase exclusivamente pelo exame de seus restos fósseis. Hoje, usando novas tecnologias de produção de imagens digitais, os paleontólogos vêm fazendo muitas descobertas sobre os gigantes do passado.

Por **Cesar Leandro Schultz**

28 Energia verde

As atuais fontes de energia utilizadas pela humanidade podem se tornar escassas em pouco tempo. Esse quadro grave poderia ser atenuado através do aproveitamento da energia solar para obter combustíveis renováveis, derivados de vegetais. É a chamada 'energia verde'.

Por **Joaquim Francisco de Carvalho**



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) 5083-5025
cienciasp@cienciahoje.org.br



Capa: Ilustração de Dorothy Ballarini e Adolfo Bittencourt/UFRGS



34 Mosquitos transgênicos: possível arma contra a malária

Para combater a malária, doença que ainda atinge milhões de pessoas nas áreas tropicais, os cientistas começam a testar uma nova opção: o desenvolvimento de mosquitos transgênicos, que impedem a instalação em seu organismo do parasita causador da doença.

Por **Flávia G. Rodrigues** e **Luciano A. Moreira**

40 O pau-brasil e a música

Ameaçado de extinção, o pau-brasil é a principal fonte de madeira para a confecção de arcos para instrumentos de corda, mas a qualidade de diferentes amostras varia muito. Estudos sobre essa e outras madeiras permitem determinar suas propriedades e encontrar alternativas.

Por **Veronica Angyalossy**, **Erika Amano** e **Edenise Segala Alves**

O LEITOR PERGUNTA

- 6 Até que ponto a produção de materiais poliméricos vai ser afetada com o término das reservas de petróleo?
- 6 Como é contraído o citomegalovírus e o que pode provocar a recém-nascidos?
- 7 Por que sentimos frio mesmo quando estamos com febre?
- 7 O homossexualismo pode ser explicado biologicamente?

ENTREVISTA

Chintamani N. R. Rao

8 Ciência para o desenvolvimento

Químico indiano fala dos desafios da ciência no Terceiro Mundo

MUNDO DE CIÊNCIA

11 O bebê de Lucy

Ancestral humano de três anos de idade é encontrado na África

A PROPÓSITO

19 Ciência, dúvida, ceticismo

Atitude cética, de duvidar dos dogmas, é essencial para cientistas

EM DIA

47 Ameaça gaúcha

Identificada no sul do país uma nova variedade do vírus da Aids

48 A matemática do câncer

Geometria fractal pode ajudar a diagnosticar tumores de boca

50 Cores preservadas

Proteção de orquídeas ameaçadas de extinção ganha novo projeto

52 Caça-osteoporose

Aparelho permite identificar a doença mesmo em recém-nascidos

54 Pesquisar e ensinar

Sociedade Brasileira de Física comemora 40 anos de atividades

56 Hipertensão que vem do berço

Dieta pobre na gestação aumenta a chance de filhos terem a doença

PERFIL

Maurício Matos Peixoto

58 Em busca da beleza matemática

Matemático cearense descreve sua trajetória de investigação e ensino

RESENHA

64 Nadando em águas vizinhas

Resenha do livro *História e cultura – Apologias a Tucídides*, de Marshall Sahlins

OPINIÃO

67 O desmatamento insustentável na Amazônia

Estabilização da derrubada da floresta não é solução para a questão

PRIMEIRA LINHA

72 As vantagens da paina

Fibra de árvore brasileira é eficiente para limpar vazamentos de petróleo

MEMÓRIA

76 Falsos, absurdos, imaginários?

Números negativos e complexos ganharam 'cidadania' há 200 anos

79

CARTAS

QUAL O PROBLEMA?

80 Neumann, a mosca e os motociclistas

Alguns atalhos para a realização de cálculos em alta velocidade



? Até que ponto a produção de **materiais poliméricos** vai ser afetada com o término das reservas de petróleo?

CELINA SOUZA BITENCOURT, POR CORREIO ELETRÔNICO

A produção de polímeros deve ser afetada caso a previsão do esgotamento das reservas de petróleo venha a se confirmar. Embora a porcentagem do total de petróleo extraído empregada na produção de polímeros seja muito pequena (estima-se em torno de 2% a 3%), o petróleo é ainda a fonte majoritária dos produtos químicos empregados na obtenção de polímeros.

Existem, entretanto, polímeros obtidos a partir de fontes naturais vegetais, como o óleo de mamona e amido, ou de bactérias que se alimentam dos resíduos da produção de açúcar e álcool. Esses polímeros ainda não atingiram um mercado tão amplo como aquele dos polímeros derivados do petróleo, seja pelo seu custo de produção – uma vez que ela ocorre ainda em pequena escala –, seja por suas propriedades ainda limitadas. Com certeza, a demanda por polímeros oriundos de fontes alternativas levará ao desenvolvimento de novos materiais, com melhoria de suas propriedades e diminuição de seu custo.

Marysilvia Ferreira

Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

? Como é contraído o **citomegalovírus** e o que pode provocar a recém-nascidos?

MARISTELA INÊS STUMPF VECHANI, POR CORREIO ELETRÔNICO

O citomegalovírus é um vírus extremamente comum nas populações do mundo e pode ser encontrado na urina, na saliva, no sangue, no leite materno, em secreções do colo do útero, no espermatozoide e em tecidos (rins, fígado etc.). O contágio dos indivíduos susceptíveis ocorre através do contato com essas secreções infectadas com o vírus, que é também a causa mais freqüente de infecção congênita no homem.

Estudos mostram que o citomegalovírus atinge de 1% a 2% de todos os recém-nascidos vivos no Brasil. Uma das dificuldades na identificação do vírus é que a mãe que infecta seu recém-nascido não apresenta, na maioria das vezes, qualquer sintoma durante a gestação que possibilite seu diagnóstico. Em recém-nascidos, esse vírus pode causar retardamento mental, paralisia dos membros inferiores e/ou superiores, dificuldade de alimentação, surdez uni ou bilateral (uma das causas mais freqüentes de surdez na infância), perda da visão, entre outros. Nas crianças e adultos saudáveis, pode causar uma doença parecida com a mononucleose infecciosa (febre prolongada,

hepatite, alterações hematológicas etc.), que geralmente evolui de forma espontânea para a cura, sem precisar de tratamento.

De modo geral, a criança já nasce com sintomas da doença e, mesmo com tratamento, há poucas possibilidades de regressão do quadro clínico. Além disso, pode ocorrer o seu agravamento nos primeiros meses de vida, principalmente em relação à surdez. No momento, não há vacina contra o citomegalovírus e não existe tratamento que possa ser aplicado à gestante, pois os medicamentos disponíveis são contra-indicados na gravidez. O tratamento do recém-nascido também é problemático, já que a medicação é muito tóxica e não pode ser tomada por tempo prolongado, o que leva o vírus a voltar e se multiplicar no organismo do bebê.

Cláudio Sérgio Pannuti

*Laboratório de Virologia,
Departamento de Moléstias Infecciosas
e Parasitárias, Universidade de São Paulo*

? Por que sentimos **frio** mesmo quando estamos com febre?

CHRISTIANE ADRIELLY ALVES FERRAZ, PETROLÂNDIA (PE)

Os organismos controlam a temperatura porque possuem um termostato, semelhante àquele que vemos em geladeiras ou congeladores, e que mantém a temperatura interna sob um controle bastante rígido.

Esse termostato está localizado principalmente no sistema nervoso central, em uma região conhecida como hipotálamo. Assim, em condições normais, ao entrarmos em um lugar muito quente, sentimos calor e tomamos uma atitude para compensar isso: ingerimos líquidos, nos abanamos, nos molhamos etc. Quando entramos em ambientes muito frios, fazemos o oposto, para reter calor: nos agasalhamos, ficamos próximos de outras pessoas etc.

A situação é diferente quando estamos com febre. Esse estado é definido como uma elevação da temperatura interna do indivíduo acima dos níveis normais, decorrente da elevação do ponto de regulação do termostato hipotalâmico.

Em termos simples, como o 'regulador' do termostato indica uma temperatura maior, a sensação é de frio e nosso organismo tem de produzir calor para que a temperatura do corpo chegue até esse novo nível. Assim, ao sentir frio, fazemos algo para elevá-la: trememos, entramos debaixo dos cobertores etc.

A febre acontece principalmente quando o organismo é alvo de infecções, como aquelas causadas por vírus (por exemplo, a gripe) ou bactérias (como em certas pneumonias). Em resposta a esses agentes infecciosos, nosso organismo produz algumas substâncias que são capazes de modificar o termostato hipotalâmico.

Mauro Martins Teixeira

*Instituto de Ciências
Biológicas,
Universidade Federal
de Minas Gerais*



? O homossexualismo pode ser explicado biologicamente?

GUILHERME DIEGUEZ,
POR CORREIO ELETRÔNICO

Ainda não é possível afirmar que o homossexualismo possa ser interpretado como resultado de um fenômeno biológico que tenha, por exemplo, uma origem genética. Apesar de várias tentativas de correlacionar a orientação sexual com algum marcador genotípico (por exemplo, a existência de um ou mais genes somente expressos em homossexuais ou uma alteração notável em um tecido que explicasse a orientação sexual), até hoje os resultados não foram conclusivos. Isso ocorre porque a correlação é tênue ou porque os experimentos foram mal controlados. É preciso levar em conta também que a busca de uma causa biológica para um comportamento exige que se elimine a influência cultural, o que é muito difícil, principalmente com os humanos.

Franklin Rumjanek

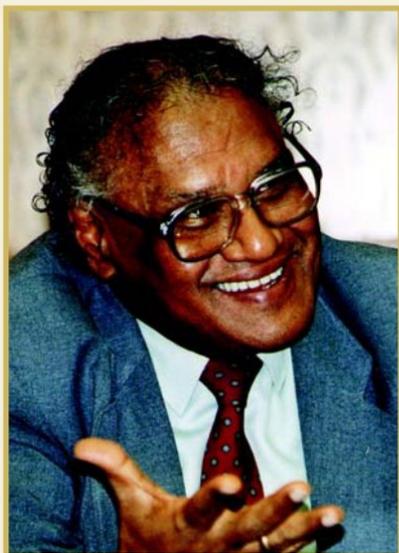
*Instituto de Bioquímica Médica,
Universidade Federal do Rio de Janeiro*

CARTAS À REDAÇÃO

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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CIÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO



Chintamani N. R. Rao

Fazer ciência nos países em desenvolvimento costuma ser uma tarefa árdua – a falta de recursos financeiros e de infra-estrutura adequada são apenas alguns dos obstáculos mais comuns encontrados pelos pesquisadores. Com o objetivo de enfrentar esses problemas e promover a excelência em ciência nos países do hemisfério Sul – em sua maioria economicamente atrasados em relação às nações do hemisfério Norte e por isso chamados de países em desenvolvimento – foi criada em 1983 a Academia de Ciências do Terceiro Mundo (TWAS na sigla em inglês). A instituição, idealizada pelo físico paquistanês Abdus Salam, tem na base de seu trabalho a cooperação entre os países do Sul e a promoção do intercâmbio de idéias e de pesquisadores a fim de subsidiar o desenvolvimento sustentável.

O químico indiano Chintamani Nagesa Ramachandra Rao, presidente da TWAS por seis anos até setembro último e professor visitante de ciência dos materiais na Universidade da Califórnia, em Santa Bárbara (Estados Unidos), desde 1995, acredita que a ciência é a principal ferramenta para promover o desenvolvimento nos países do Terceiro Mundo. Em entrevista exclusiva a *Ciência Hoje* durante a 10ª Conferência da TWAS, realizada no início de setembro em Angra dos Reis (RJ), Rao falou sobre os desafios que devem ser superados pelos países do Sul caso almejem uma ciência competitiva, influente e capaz de resultar em melhora na qualidade de vida de seus habitantes.

Mariana Ferraz
Ciência Hoje/RJ

Qual a importância, no cenário mundial, da cooperação entre nações do hemisfério Sul estabelecida e apoiada pela Academia de Ciências do Terceiro Mundo?

A cooperação Sul-Sul merece crédito e é relevante porque as populações dos diferentes países do hemisfério Sul têm um ‘pano de fundo’ muito similar, problemas muito semelhantes. São muitas as áreas nas quais podemos trabalhar juntos, por exemplo, as da energia e do desenvolvimento em tecnologia, como a nanotecnologia. Treinamento e intercâmbio de pessoal na área científica entre países do Sul podem ser muito úteis, porque se criaria um ciclo no qual não haveria ‘perda de cérebros’ para os países já desenvolvidos. Além disso, acredito que é muito difícil que os Estados Unidos, por exemplo, venham a trabalhar conosco tão facilmente.

Como o senhor vê essa participação de países do Norte em projetos de cooperação científica com o Sul?

Bem, eles sempre cooperaram, não posso dizer que não. Mas penso também que eles sempre tiveram grandes vantagens. Os países do Sul, na verdade, contribuíram muito para o avanço da tecnologia nos países desenvolvidos. Por exemplo, alta porcentagem dos profissionais que trabalham nos Estados Unidos é de países do Sul; metade dos trabalhadores da indústria de computadores norte-americana é indiana – 50%! E as previsões apontam que talvez 50% dos doutorandos venham de países como China, Índia, Vietnã, entre outros. Isso é uma perda para nós. Esses profissionais, muitos dos nossos melhores cérebros, pessoas brilhantes, estão trabalhando, por exemplo, na indústria de computação norte-americana. Então, os países do Norte ajudam, mas também ganham muito. Há pessoas que afirmam que nós, dos países pobres, demos mais ao Norte desenvolvido do que o Norte deu ao Sul. Se calcularmos em dólares todos os cérebros que demos a eles, com certeza serão bilhões e bilhões.

Diante desse quadro, que tipo de iniciativa deve ser tomada para que os pesquisadores permaneçam nos países do Sul?

Bem, temos de oferecer condições de trabalho muito boas. O Brasil é bom, mas muitos dos países do Sul não têm instituições boas o bastante, onde os pesquisadores possam trabalhar. Devemos melhorar a infra-estrutura, devemos construir boas instituições em todos os países do Sul, para que os cien-

tistas possam deixar sua contribuição em suas nações de origem.

E o senhor acredita que a TWAS encoraja essa atitude?

Claro. A TWAS encoraja, mas existem também muitos outros programas que o fazem, como o Instituto Millenium [organização sem fins lucrativos sediada nos Estados Unidos], que atua no Brasil com atividades similares. Temos de criar institutos avançados em muitas partes do mundo para que os pesquisadores tenham para onde voltar. Caso contrário, pensarão “o que eu farei quando voltar ao meu país?” e ficarão nos Estados Unidos ou na Europa. Não deve ser assim. Muitos países na África, como Tanzânia e Senegal, estão criando suas próprias academias de ciência. Nós esperamos que outros países também o façam. É também uma forma de incentivar a pesquisa local. Ambas as iniciativas precisam ser postas em prática, a criação de academias e de institutos de pesquisa.

O senhor acha que as diferenças científicas entre os países do Norte e do Sul podem ser superadas?

Isso ainda vai levar um pouco de tempo; a distância ainda é muito grande. Os Estados Unidos contribuem,

A cooperação Sul-Sul merece crédito e é relevante porque as populações dos diferentes países do hemisfério Sul têm um ‘pano de fundo’ muito similar, problemas muito semelhantes

por exemplo, em muitos aspectos da ciência, com uma porcentagem muito alta de trabalhos atualmente – quase 50% da ciência mundial. Brasil e Índia contribuem com cerca de 3% e 4% cada, a China com um pouco mais. Temos de aumentar nossa participação de muitas formas: a quantidade de ciência produzida deve aumentar, mas também a qualidade, o impacto de nossa pesquisa. A porcentagem de publicações de alta qualidade no Brasil, por exemplo, é hoje de cerca de 1%, na Índia é similar. Mas temos de chegar a 10%, 15%, e isso deve levar ainda outros 15 anos.

E como podemos fazer isso?

Temos que melhorar. Mais jovens devem ser encorajados a abraçar a ciência, os nossos melhores jovens ▶

devem estar nas áreas científicas. Devem ser estimulados e nós, pesquisadores mais experientes, devemos aumentar nossa qualidade. Esse aumento de qualidade depende muito dos pesquisadores, de pessoas como eu. Se eu não almejar o mais alto nível científico, os jovens que eu treino também não irão fazê-lo. Então, nós temos que olhar para a cultura. As pessoas não querem competir em nossos

ciência são muito, muito pequenos nos países do Sul. Precisamos, de alguma maneira, ver todos os países do Sul investindo em educação, ciência e saúde.

Os países do Norte ajudam, mas também ganham muito. Há pessoas que afirmam que nós, dos países pobres, demos mais ao Norte desenvolvido do que o Norte deu ao Sul

países, elas preferem ir à praia, jogar vôlei, ter um dia tranqüilo... Isso é bom! Mas elas também devem ser muito competitivas em ciência, é esse o espírito que temos de cultivar. Trata-se de um novo tipo de cultura: o da competência.

Quais temas o senhor vê como prioritários nos próximos anos para que os países do Sul alcancem o desenvolvimento sustentável?

Maior qualidade na saúde e na educação traria grandes melhoras para o mundo em desenvolvimento. Devemos trabalhar principalmente nos países africanos, buscar melhorar a qualidade de vida naquele continente, que enfrenta problemas muito sérios como, por exemplo, a Aids. Em alguns países da África, 50% das pessoas estão infectadas com o vírus da

Ninguém gosta de se sentir ignorado, órfão. Por isso, é muito importante que as pessoas se sintam necessárias, queridas

Aids. E países como Índia e Brasil têm muito a oferecer aos africanos. Precisamos de uma grande ajuda internacional para a África. Esse é um aspecto que deve ser visto antes de qualquer coisa. Em segundo lugar, todos os países têm de investir mais em educação. Investimentos em educação e em

O senhor considera que a entrega do primeiro prêmio Rao [outorgado a cada dois anos pela Universidade do Estado da Pennsylvania a pesquisadores estrangeiros da área de estatística] a africanos vá contribuir para uma melhora nos países daquele continente?

Claro! Nós demos o prêmio a africanos intencionalmente. Acredite ou não, no ano passado eu ganhei um prêmio muito grande, de US\$ 1 milhão, o Dan David, parecido, em valores, com o prêmio Nobel. E minha mulher disse: "Por que não damos 50% desse prêmio para a educação?" Então, estabelecemos o prêmio Rao para pesquisadores de qualidade vindos dos países menos desenvolvidos, não para pessoas do Brasil ou da Índia, mas sim dos 43 países mais pobres. Essa é a idéia. E acho que é muito importante que existam iniciativas desse tipo, como os prêmios da TWAS, para encorajar as pessoas.

Esses prêmios aumentam sua auto-estima?

Sim. A auto-estima e a motivação. As pessoas sabem que tem alguém olhando por elas e é muito importante ter esse tipo de pensamento, de sentimento. Do contrário, elas se sentem ignoradas, como órfãs, e ninguém gosta disso. É muito importante que elas se sintam necessárias, queridas.

O senhor acha que a escolha do matemático brasileiro Jacob Palis para a presidência da TWAS muda de alguma maneira a direção, os rumos da academia?

Jacob trabalhou muito próximo a mim, ele foi secretário-geral na minha gestão, por isso decidimos muitas políticas juntos. Acho que o mais importante para nós e para a nossa academia é dar continuidade às muitas coisas que começamos nos últimos três, quatro anos. Obviamente esse é o melhor investimento. Tenho certeza de que Jacob vai dar continuidade aos nossos objetivos, a nossas metas, porque ele mostrou interesse em seguir nessa direção. Todos vamos trabalhar juntos com ele. Estou muito feliz que ele seja o novo presidente da TWAS; é uma pessoa muito boa, além de ser um grande amigo. ■

O bebê de Lucy

Uma menina de três anos de idade promete alargar consideravelmente o que se sabe hoje sobre o modo de vida dos ancestrais humanos no árido leste africano. Apesar de seus 3,3 milhões de anos, o ‘bebê de Lucy’, como vem sendo chamado esse fóssil de *Australopithecus afarensis*, está em bom estado de conservação.

As primeiras análises reforçam a idéia de que, assim como sua ‘mãe’ – a famosa Lucy, o esqueleto que revolucionou o conhecimento da paleontologia sobre a evolução humana –, esse novo membro da família Lucy era bípede, mas dotado de braços capazes de escalar árvores, onde provavelmente buscava refúgio ou alimentos.

O trabalho foi publicado em *Nature* (21/09/06, pp. 296-301).

Em 1974, o antropólogo norte-americano Donald Johanson fazia parte de uma equipe de pesquisa que buscava evidências de ancestrais humanos no leste africano. A região escolhida por essa equipe foi a depressão de Afar, na Etiópia. Devido aos movimentos tectônicos no local, é possível se observar em suas encostas camadas sedimentares dos últimos milhões de anos sem ter de escavar nada. Em outras palavras, é o lugar ideal para buscar espécies de hominídeos que viveram há milhões de anos.

Em uma tarde, enquanto buscava fósseis com seu assistente, Johanson descobriu um fragmento de um úmero semi-enterrado em uma encosta. Não havia dúvida de que era o que buscavam e, em pouco tempo, os dois recuperaram cerca de 40% do esqueleto de um hominídeo em um nível estratigráfico datado entre 3 milhões e 3,9 milhões de anos antes do presente. O esqueleto pertencia a uma fêmea de não mais de 1,10 m de altura, que pesava em torno de 29 kg. Batizado ‘Lucy’, o esqueleto revolucionou nossos conhecimentos sobre a evolução do ser humano.

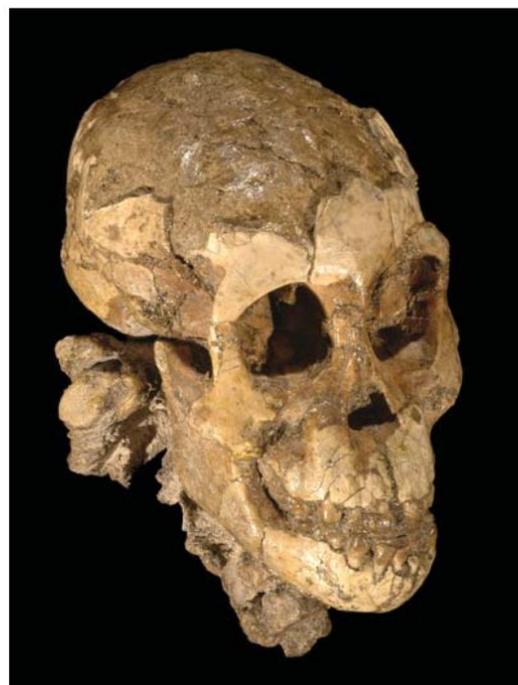
Lucy foi logo classificada como pertencente à espécie *Australopithecus afarensis*, uma das várias espécies de australopithecíneos que surgem na África por volta de 6 (talvez 7) milhões de anos atrás e que caracterizam os primeiros representantes de nossa linhagem evolutiva.

Embora uma grande quantidade de fósseis de australopithecíneos tenha sido encontrada depois de Lucy (hoje, existem cerca de 10 espécies de australopite-

cíneos aceitas na literatura), a excelente preservação de seu esqueleto permitiu demonstrar, de maneira incontestável, que essa espécie era bípede, ou seja, caminhava sobre as pernas, sem auxílio dos braços. Isso mostrou que a capacidade de andar ereto, equilibrando-se sobre as pernas, foi uma das primeiras características humanas a surgirem em nossa trajetória evolutiva, pois, nos demais aspectos, Lucy se assemelhava muito mais aos chimpanzés.

Entretanto, ao mesmo tempo em que Lucy era bípede, ela também reteve características que permitiam a ela escalar árvores, de forma que hoje se acredita que sua espécie (assim como a maioria dos australopithecíneos) tinha hábitos de vida que mesclavam a exploração do nicho terrestre, favorecendo sua condição bípede,

Crânio do fóssil DIK-1-1, batizado ‘bebê de Lucy’, que pertence a uma menina *Australopithecus afarensis* de três anos que viveu há 3,3 milhões de anos no leste africano



a uma relação com a vida arbórea, na qual provavelmente os indivíduos buscavam refúgio ou complementos à sua alimentação.

Em setembro deste ano, a história de Lucy ganhou mais um capítulo, dessa vez com a chegada de um 'bebê'. Apelidado 'bebê de Lucy', o fóssil DIK-1-1 pertence a uma menina de três anos de *Australopithecus afarensis* que viveu há 3,3 milhões de anos e foi encontrado pelo antropólogo Zeresenay Alemseged, do Instituto Max Planck de Antropologia Evolutiva (Alemanha), e sua equipe, a apenas alguns quilômetros de onde Lucy foi achada.

Além de permitir que se investigue como era o desenvolvimento dos australopithecíneos, o bom estado de preservação do esqueleto do 'bebê de Lucy' aumenta consideravelmente o que sabemos sobre o modo de vida do *A. afarensis* como um todo. As análises preliminares publicadas por Alemseged mostram que o 'bebê' era bípede, mas, assim como Lucy, tinha a anatomia de seus braços similar à dos chimpanzés e gorilas, o que favorece a idéia de que os australopithecíneos ainda eram capazes de escalar árvores de forma eficiente, apesar de serem bípedes.

O estudo de seu volume cerebral também mostra características mistas entre o ser humano e o chimpanzé: apesar de Lucy ter seu volume cerebral levemente maior que o de chimpanzés, o estudo do fóssil DIK-1-1 sugere que o desenvolvimento cerebral nos *A. afarensis* era mais similar ao padrão de desenvolvimento humano, em que a maior parte do crescimento do cérebro acontece depois do nascimento.

Além disso, o bebê de Lucy apresenta seu osso hióide preservado. Em mamíferos, o osso hióide liga-se aos músculos da laringe (responsáveis pelo controle das cordas vocais no ser humano), permitindo-nos falar. No caso do

DIK-1-1, seu osso hióide é similar ao dos chimpanzés, sugerindo que os australopithecíneos não eram capazes de articular sons como nós. Porém, a forma do hióide indica que este poderia estar associado a bolsas de ar, como nos chimpanzés, que permitiriam uma vocalização similar à desses símios.

Em paralelo à descoberta do fóssil, a equipe do geólogo Jonathan Wynn, da Universidade de Saint Andrews (Escócia), realizou um estudo minucioso de como era o ambiente no qual essa jovem australopithecínea viveu. E os resultados de seu estudo, publicado na mesma edição da revista (pp. 332-336), indicam que o bebê de Lucy viveu às margens de um lago, em uma região onde coexistiam áreas com gramas e bosques de árvores. Ou seja, o ambiente ideal para uma espécie que era bípede, mas que dependia das árvores para refúgio ou fonte de alimentos.

Em suma, o novo membro da família de Lucy, uma pequena *A. afarensis* de três anos de idade, chegou acompanhada de um grande enxoval. Ainda que não seja o primeiro bebê australopithecíneo conhecido (o primeiro fóssil australopithecíneo, encontrado em 1904, era também uma criança, conhecida como a criança de Taung), seu bom estado de preservação, bem como o minucioso estudo dos entornos nos quais foi encontrado, permitem esticar nosso conhecimento (seja questionando as idéias vigentes, seja propondo novas hipóteses) sobre nossos ancestrais que viveram no leste africano entre 3 milhões e 3,5 milhões de anos atrás.

Mark Hubbe

Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo, Universidad Católica del Norte (Chile)

BRÓCOLIS E GENÉTICA • Pais costumam insistir para os filhos comerem vegetais. Muitas vezes, a recusa é baseada em argumentações do tipo "Argh! É muito amargo!" Pode ser que, nesses casos, a genética esteja se manifestando. Trabalho recente mostrou que vegetais que contêm uma substância denominada glucosinolato, que pode alterar o funcionamento normal da glândula tireóide, têm gostos diferentes para cada pessoa. Os glucosinolatos podem bloquear a formação de iodo orgânico e o transporte dele na tireóide. Os autores mostraram que pessoas com uma variação genética no gene *hTAS2R38*, ligado a um receptor de sabor na língua, alegaram que vegetais que contêm glucosinolatos (brócolis, agrião, nabo, por exemplo) parecem ser, em média, 60% mais amargos quando comparados a indivíduos sem essa variação. Segundo os pesquisadores, essa variação de paladar pode ser resultado de uma pressão seletiva ao longo da história da evolução humana para identificar, principalmente em regiões com baixa concentração de iodo, componentes que possam ser tóxicos para a tireóide. Já nas regiões costeiras, onde o acesso ao iodo é mais fácil, essas populações não teriam desenvolvido aversão por esses vegetais. Deficiência nessa glândula pode causar retardo mental e atraso na maturação sexual. Os autores acreditam que 1 bilhão de pessoas no mundo estariam sob o risco de desenvolver esse problema. (*Current Biology*, vol. 16, nº 18, R792-R794, 2006)



EM FOCO



Os três bichanos com três semanas de vida (figura) guardam pelo menos uma diferença com outros milhões de gatinhos espalhados pelo mundo: eles não causam alergia aos humanos. Pelo menos, é isso que alega a 'fabricante', a empresa de biotecnologia norte-americana Allerca.

Os animais são oferecidos em várias cores de pelagem. Ao atingirem a maturidade, lá pelos três anos, passam a pesar algo entre 4 kg e 8 kg, tornando-se animais de tamanho médio. A empresa começou a aceitar encomendas ainda em 2004. Quem se dispuser a pagar US\$ 3.950 (pouco mais de R\$ 8 mil) leva para casa um filhote castrado ou sem ovários, com 12 semanas de vida, que, segundo a Allerca, não sofreu nenhuma modificação genética. No caso, esses gatos, que vêm com *microchips* de identificação implantados, foram obtidos pelo cruzamento de adultos que têm a chamada divergência genética, ou seja, naturalmente não produzem a proteína Fel d1, que está presente no pêlo, na pele e na saliva e é tida como a causadora dos sintomas da alergia.

A empresa, no entanto, ressalta que, em casos muito agudos de alergia, o gato continuará a causar o problema. Há, segundo a empresa, lista de espera para a compra dos bichanos. Para quem se dispuser a pagar mais, o tempo de espera pode baixar de dois anos para alguns poucos meses. Mais detalhes em www.allerca.com. Os animais vêm com um ano de... 'garantia'.

SINTONIA FINA

Até o fechamento desta edição, em vários *blogs* e grupos de discussão voltados para a matemática na internet, o assunto do dia era uma possível prova de mais um dos grandes problemas matemáticos cuja solução vale US\$ 1 milhão (cerca de R\$ 2,2 milhões), prêmio dado pelo Instituto Clay (Estados Unidos). Agora foi a vez do chamado problema de Navier-Stokes, nome pomposo para um conjunto de equações que descrevem como os fluidos se movem – homenagem aos dois grandes físicos, o irlandês George Stokes (1819-1903) e o francês Claude Navier (1785-1836), que as desenvolveram. A prova dessas equações é importante para se entender, por exemplo, o complexo fenômeno da turbulência. A suposta prova, que está sob a criteriosa análise de outros matemáticos, foi depositada em um banco de artigos público e pode ser obtida (total de nove páginas) pelos interessados em <http://arxiv.org/abs/math/0609740>. A autora, a matemática Penny Smith, da Universidade Lehigh (Estados Unidos), também submeteu o artigo à prestigiosa revista *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. Porém, é preciso cautela nesses casos, alertou um especialista, que diz já ter se defrontado com pelo menos meia dúzia de provas, que mostraram conter erros fatais. Ainda este ano, o matemático russo Grigory Perelman, que, tudo indica, conseguiu provar outro problema que permanecia em aberto, a chamada conjectura de Poincaré, recusou-se a receber o mais prestigioso prêmio da matemática, um tipo de Nobel da área, a medalha Fields. Se a prova de Perelman sobreviver a dois anos de escrutínio, ele estará apto a receber o US\$ 1 milhão do Instituto Clay – há boatos de que ele recusará também esse prêmio. Já Smith disse que aceitaria o dinheiro sem problemas. A última versão da suposta prova, a de número cinco, foi retirada pela autora no último dia 8 de outubro. Segundo Smith, em função de uma "falha séria" no artigo. Até o fechamento desta edição, não havia mais notícias sobre o destino da prova e da autora. As outras quatro versões da alegada demonstração permaneciam no banco de artigos.

PSORÍASE E CORAÇÃO • Portadores de psoríase parecem que, a partir de agora, têm de se preocupar não apenas com as escamações e coceiras irritantes causadas na pele por essa doença. Trabalho defende que adultos com esse quadro têm mais chance de sofrer um ataque cardíaco. Os autores analisaram os protocolos médicos de cerca de 556 mil pacientes e concluíram que um paciente com 30 anos de idade com psoríase moderada tem 29% mais risco de ter um infarto do miocárdio que uma pessoa sadia. Se ele tiver psoríase severa, esse risco triplica. Já para alguém com 60 anos de idade, também com um quadro severo, o percentual é de apenas 36%. A pesquisa foi feita no Reino Unido, com pacientes entre 20 e 90 anos de idade. Para os autores, a magnitude da associação entre psoríase e infarto do miocárdio para pacientes com menos de 50 anos é semelhante àquela entre essa doença cardíaca e os maiores fatores de risco (sedentarismo, tabagismo, obesidade etc.). Segundo os pesquisadores, pacientes com psoríase deveriam ser orientados a evitar fatores de risco para as doenças cardíacas. A psoríase, que ataca mais comumente couro cabeludo, joelhos e cotovelos, está associada a marcadores da inflamação, como níveis elevados da proteína C reativa. De 2% a 3% da população mundial são afetadas pela doença. (*Journal of the American Medical Association*, 11/10/06)

ANTROPOLOGIA **Humanos e neandertais podem ter convivido por milênios**

O ÚLTIMO REDUTO NEANDERTAL

O ponto mais ao extremo sul da Europa pode ter sido o último reduto dos neandertais. Lá, no estreito de Gibraltar, que separa o oceano Atlântico do mar Mediterrâneo, esses hominídeos e os humanos modernos podem ter convivido por milênios. Essas e outras conclusões de um novo estudo apimentam o debate sobre a influência ou não dos humanos modernos na extinção de seus 'primos' distantes.

Os trabalhos de escavação da equipe de Clive Finlayson, do Museu de Gibraltar, na caverna de Gorham, começaram em 1999 e terminaram no ano passado. Foram encontrados 103 itens, entre pontas de lança, facas e utensílios para raspagem. Segundo os autores da pesquisa, as características dos artefatos são próprias daqueles fabricados pelos neandertais (*Homo neanderthalensis*). A equipe datou esse material como tendo cerca de 28 mil anos, com a mais recente das peças como sendo cerca de 4 mil anos mais nova. Ou seja, segundo eles, isso indica que neandertais 'resistiram' na Europa até 24 mil anos atrás, o que contraria as teses defendidas de que eles teriam sido extintos há 35 mil anos.

Essas conclusões acaloram os debates sobre se os humanos modernos foram os responsáveis pela extinção dos neandertais. Para alguns especialistas, esses resultados mostram que a extinção dos neandertais foi um fenômeno complexo, e assim não pode ser atribuída a uma única causa, do tipo 'humanos modernos os mataram'.

Mais recentemente, outros fatores, como até mudanças climáticas, entraram em jogo. Em Gibraltar, a chamada era do gelo pode não ter sido tão severa, o que permitiu aos neandertais sobreviverem na região. Para Finlayson, a extinção desse grupo pode ter ocorrido em função do pequeno número de indivíduos.

Criança híbrida?

O artigo de Finlayson e seus colegas da Espanha, do Reino Unido e do Japão também acrescenta algum vigor a um achado recente em Portugal: a criança de Lagar Velho. Alguns defendem que o fóssil representa um híbrido de humano moderno e neandertal. O esqueleto foi datado como tendo 24,5 mil anos. Primeiramente, foi descartada a hipótese de cruzamento, porque se supunha que os neandertais haviam se extinguido bem antes disso. Mas os resultados de agora dão força a essa hipótese.

Trabalhos indicam que os humanos modernos (*Homo sapiens*) estavam na Europa há pelo menos 32 mil anos, o que permitiria uma superposição entre as duas espécies por alguns milhares de anos – pelo menos em Gibraltar, como defendem os autores. Mas o grau de contato entre elas permanece um mistério.

Os autores alegam que Gibraltar era ideal como refúgio, pois havia oliveiras selvagens, e as populações de neandertais ainda aproveitariam como alimentos peixes e frutos do mar. Há também evidências de que eles comeriam focas e tartarugas. Naquele período, o nível do mar era mais baixo, e, à frente das cavernas, havia uma planície costeira, com charcos e dunas, onde podiam ser encontrados, por exemplo, coelhos e até cavalos. Nas montanhas, estavam as cabras selvagens.

Alguns especialistas, no entanto, criticam a datação do material encontrado (feita com base no método de radiocarbono), alegando que ela pode ser enganosa e que não foram encontrados até agora esqueletos de neandertais na caverna.

O nome neandertal vem do fato de esse hominídeo ter sido identificado através de fósseis encontrados em uma gruta na região de Neanderthal (Alemanha). Sua maior concentração se deu na Europa, apesar de fósseis também terem sido encontrados em áreas da Ásia. *Nature*, publicado *on-line* em 13/09/06, disponível em dx.doi.org, com o código 10.1038/nature05195



Caverna Gorham (acima, no centro), no estreito de Gibraltar, que pode ter sido o último reduto dos neandertais e onde foram encontrados artefatos (detalhe) atribuídos a esses hominídeos



FOTOS: MUSEU GIBRALTAR

IMUNOLOGIA

VACINA DE DNA CONTRA ALERGIA

Um novo tipo de vacina mostrou bons resultados contra a alergia. Os pacientes que receberam injeções alegaram que os sintomas da alergia (olhos coçando, nariz escorrendo etc.) se reduziram em cerca de 60% por pelo menos dois anos.

A vacina usa pedaços de DNA (material genético) acoplados a proteínas extraídas de agentes alergênicos (no caso, do pólen do tanaceto, que é a principal causa de alergia ligada a plantas nos Estados Unidos). Sem efeitos colaterais nos pacientes testados, esse conjunto (proteína mais DNA), segundo os autores, desencadeou uma reação no sistema imunológico do paciente que levou a uma menor produção de histamina, a molécula que causa os sintomas associados à alergia.

A vacina foi aplicada, por seis semanas, em 14 pacientes, sendo que 11 deles receberam apenas uma substância inócua (placebo). Apesar de os pesquisadores terem parado de acompanhar os pacientes ainda em 2002, o líder da equipe, Toshiaki Kawakami, do Instituto La Jolla para Alergia e Imunologia, na Califórnia (Estados Unidos), disse que há relatos informais de que os efeitos benéficos se prolongaram por mais de dois anos.

Para Kawakami, esse novo tipo de vacina, além de ser uma alternativa para pacientes para os quais os anti-histamínicos não fazem efeito, apresenta vantagens sobre os esteróides, cujos efeitos colaterais são consideráveis, bem como sobre as vacinas somente à base de pólen, que levam anos para surtir os efeitos desejados.

A vacina está sendo desenvolvida neste momento por uma companhia californiana e está na fase final de testes antes de ser submetida à aprovação para a comercialização.

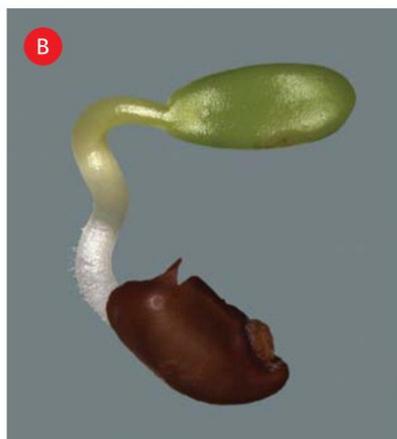
New England Journal of Medicine, vol. 335, p. 1.445, 2006

SINTONIA FINA

Sementes com 200 anos de idade germinaram e deram origem a plantas, algumas de espécies ainda não identificadas. O feito surpreendeu até os autores da proeza, botânicos do Banco de Sementes Millenium, em Wakerhurst Place, ao sul de Londres. As sementes foram trazidas, em 1803, da África do Sul para a Grã-Bretanha, por um mercador holandês, Jan Teerlink, que acabou preso e teve seus pertences guardados na Torre de Londres e depois transferidos para os Arquivos Nacionais. Foi aí que

as sementes foram encontradas, embaladas em 40 saquinhos alojados entre as páginas de um caderno de anotações. Só nos últimos 10 anos as sementes foram colocadas em condições favoráveis de estocagem, disseram os autores. Sendo assim, não era esperado que nenhuma germinasse. No total, 29 das 32 espécies encontradas não germinaram. Porém, as três que vingaram deram origem a um legume (*Liparia villosa*) e a espécies ainda não identificadas do gênero *Acacia* e *Leucospermum* (apesar de o saquinho trazer a identificação como *Protea conocarpa*). As *Liparia* foram as mais bem-sucedidas: 16 das 25 sementes germinaram. Das duas sementes de *Acacia*, uma havia sido comida por insetos, porém a que vingou gerou uma planta que já tem cerca de meio metro de altura (figura). Os botânicos repetiram as condições encontradas na África do Sul, em que o calor do fogo, comum na região, é um sinal para que as sementes germinem. Para isso, eles descascaram as sementes e as pulverizam com fumaça. Quando as plantas crescerem, os pesquisadores pretendem analisá-las geneticamente para verificar se nestes 200 anos as espécies evoluíram. Cientistas norte-americanos alegam ter trazido à vida sementes com 500 anos, e pesquisadores israelenses, com 2 mil anos.

FOTOS ELLY VAES



(A) Exemplos das 16 entre as 25 sementes com 200 anos de *L. villosa* que germinaram (B) Apesar de identificadas como *Protea conocarpa*, as sementes são provavelmente do gênero *Leucospermum* (C) Espécie ainda não identificada do gênero *Acacia*, que já tem cerca de meio metro de altura

SINTONIA FINA



Um astronauta, em um voo espacial para Marte, a milhões de km da Terra, tem uma crise de apendicite. Seria possível remover o órgão com segurança nessa situação? A resposta parece ser sim, com base na primeira cirurgia feita sob o efeito da gravidade zero, ou seja, na qual a sensação de peso desaparece. Ela foi realizada a bordo de um avião Airbus 300 especial, denominado Zero-G (ou gravidade zero), adaptado para o procedimento e outras experiências. Paciente e médicos, todos franceses, estavam devidamente amarrados, e os instrumentos, especialmente fabricados para a intervenção, eram imantados e presos à mesa cirúrgica. Foi extraído do braço do paciente, um voluntário, um tumor benigno, depois de uma anestesia local feita ainda em solo. A operação, realizada em uma tenda asséptica, levou cerca de 11 minutos, e o avião, para simular a falta de peso, praticou 33 manobras, realizando um tipo de voo parabólico, sendo que cada uma dessas manobras simulava a ausência de gravidade por 20 segundos. Os médicos, para quem a cirurgia decorreu “sem problemas”, acreditam que, em duas horas, nas mesmas condições, conseguiriam extrair um apêndice. No início do ano, a equipe conseguiu, também sob condições semelhantes, emendar a artéria no rabo de um rato. Esses resultados, apostam os médicos, deverão ajudar a desenvolver técnicas para a telemedicina não só espacial, mas também terrestre. Por exemplo, o mesmo equipamento usado no voo poderia ser empregado para atender um paciente em uma caverna ou debaixo dos escombros causados por terremoto. No ano que vem, pretende-se realizar operação semelhante, mas feita por robôs operados a partir do solo.

ARQUEOLOGIA

ESCRITA MAIS ANTIGA DA AMÉRICA

Um bloco de pedra inscrito com símbolos misteriosos, descoberto no México, está sendo considerado a evidência mais antiga de escrita das Américas. Conhecido como bloco de Cascajal, ele foi datado como sendo de 1.000 a.C. a 900 a.C., ou seja, cerca de 400 anos antes da época em que se supõe ter surgido a escrita no hemisfério Ocidental.

O pedaço de rocha foi descoberto em 1999 por operários que trabalhavam na abertura de uma estrada em Veracruz. Acredita-se que ele pertença aos olmecas, primeira civilização organizada nessa região do México. Os autores dizem não ter dúvida de que a seqüência, linear e ordenada, de símbolos – sendo que muitos deles se repetem – seja realmente uma escrita. Dois dos símbolos – os marcados com os números 19 e 20, no centro da figura – passaram a ser usados em escritas de épocas posteriores. Segundo os autores, arqueólogos mexicanos e norteamericanos, esses símbolos significariam algo como ‘cargo ou autoridade governamental’.

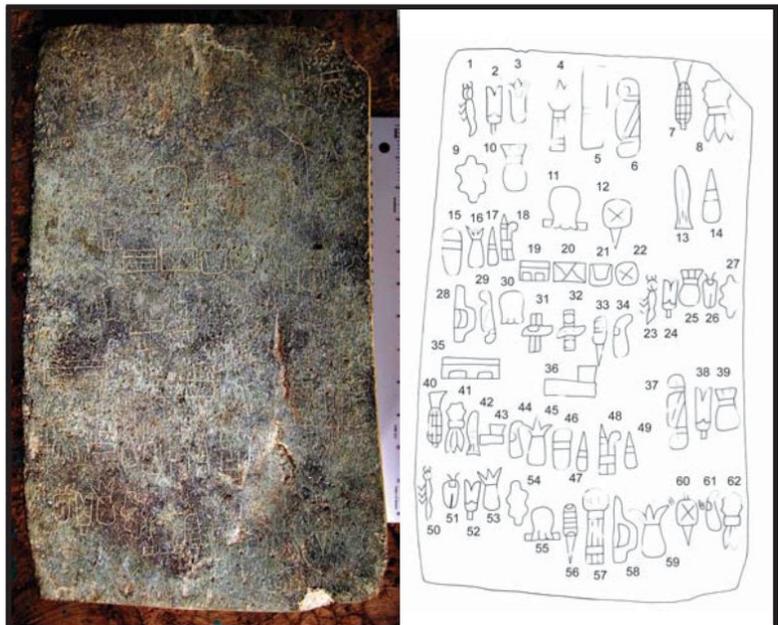
O bloco pesa 13 kg. Tem 36 cm de

altura, 26 cm de largura e 13 cm de profundidade. Ao todo, são 62 símbolos. A parte em que se encontra a escrita tem forma côncava, o que, segundo os autores, é uma evidência de que a escrita pode ter sido apagada várias vezes. Eles acreditam ainda que a seqüência possa representar versos poéticos, e a pedra ter sido usada como objeto sagrado.

Outras evidências de símbolos já haviam sido descobertas em artefatos isolados (figuras e carimbos) da cultura olmeca. O significado dos símbolos do bloco de Cascajal é ainda desconhecido. Alguns deles lembram insetos, espigas de milho e troncos.

Acredita-se que a escrita tenha surgido no Egito e na Mesopotâmia entre 3,5 mil e 3,2 mil anos atrás, apesar de as datações serem controversas. Existem evidências de algo semelhante, há cerca de 5,5 mil anos, no Paquistão, mas há dúvidas de que seria uma escrita. Nessa disputa pela primazia, entram também os chineses.

Science, 15/09/06



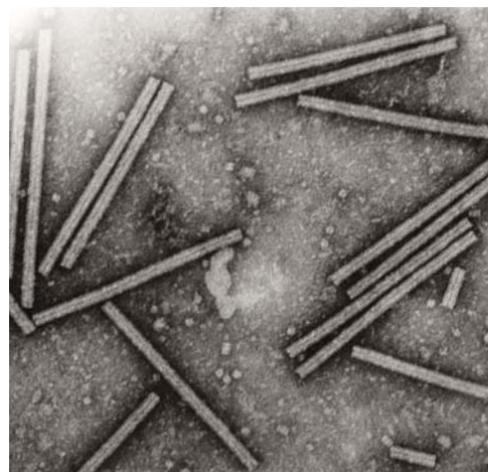
STEPHEN HOUSTON/SCIENCE

GENÉTICA, DROGAS E DEPRESSÃO • Pode ser que, no futuro, um simples teste genético possa evitar que pacientes psiquiátricos com depressão ou ansiedade crônica passem por um longo processo de tentativa e erro comum na hora de se achar o medicamento ideal para cada um deles. Geralmente, é preciso semanas ou meses para avaliar a adequação de uma droga psiquiátrica. Um trabalho ajuda a entender por que cerca de 60% dos pacientes com depressão, por exemplo, não respondem à primeira medicação. A resposta pode estar em evidências que começaram a surgir há poucos anos, mostrando que aumentar, através de medicamentos, a quantidade no cérebro de serotonina, um neurotransmissor ligado ao estado emocional, é apenas parte do sucesso do tratamento. A classe de medicamentos mais empregada contra a depressão, os chamados inibidores da recaptura seletiva da serotonina (IRSS), promove o crescimento de neurônios (células nervosas) no hipocampo (parte do cérebro ligada ao aprendizado e memória). E que esse crescimento é importante para aliviar a depressão e seus sintomas. Os camundongos empregados no estudo eram modificados geneticamente para ter esse crescimento 'bloqueado', o que os fazia apresentar comportamento ansioso. Ao ser administrada uma droga do tipo IRSS (fluoxetina), os animais não respondiam ao medicamento. Sabe-se que 30% dos caucasianos, por exemplo, têm uma mutação genética semelhante à induzida nesses roedores, e isso os faz mais propensos à depressão. Um teste genético com base nesses resultados ajudaria, segundo os autores, a aumentar as chances de prescrever a droga certa logo no início do tratamento. Os pesquisadores pretendem agora testar os camundongos em relação à depressão, pois essa desordem e a ansiedade costumam se manifestar juntas. *Science*, 06/10/06

SINTONIA FINA

O seqüenciamento de 100 genomas humanos em 10 dias vale US\$ 10 milhões (cerca de R\$ 22 milhões). Esse é o prêmio que a Fundação Prêmio X, baseada nos Estados Unidos, está oferecendo para o empreendimento, com financiamento privado, que conseguir a façanha. A tarefa parece ser árdua e, segundo especialistas, poderá levar mais de cinco anos para ser cumprida. Mas acredita-se que muitos vão competir. A idéia da fundação, a mesma que deu um prêmio também de US\$ 10 milhões em 2004 para os fabricantes da espaçonave SpaceShipOne, que completou a primeira viagem espacial com fundos privados da história, é incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias que possam ser aplicadas na chamada medicina personalizada, ou seja, aquela que leva em conta o perfil genético do paciente, o que, espera-se, permitirá aos médicos detectar a susceptibilidade dos pacientes a doenças como câncer e Alzheimer. Hoje, decifrar o genoma de uma pessoa leva meses e custa algo na ordem de milhões de dólares. Para dar mais publicidade ao concurso, a fundação exigirá do vencedor que decifre também o genoma de 100 celebridades, entre elas o do físico britânico Stephen Hawking, o co-fundador do Google, Larry Page, e o jornalista norte-americano Larry King. No caso do Prêmio X para a Genômica, o dinheiro veio da empresa Archon Minerals. A fundação anunciou que, a partir do ano que vem, pretende lançar dois prêmios por ano. Especialistas acreditam que os concorrentes poderão gastar até cinco vezes o valor do prêmio, mas o filão do gordo mercado para a nova tecnologia trará recompensas financeiras substanciais. O regulamento do prêmio estará pronto em seis meses.

VÍRUS ELETRÔNICO • A melhor fabricante de artefatos nanotecnológicos é, sem dúvida, a natureza. Então, em vez de 'reinventar a roda', como se diz, por que não usar o que já está pronto e, a partir daí, adicionar alguns implementos? Foi isso que fez uma equipe norte-americana, aproveitando um vírus e transformando-o em um componente 'eletrônico' para memórias de computador. No caso, o vírus empregado foi o mosaico do tabaco, que infecta as folhas dessa planta. Os pesquisadores recobriram-no com nanopartículas de platina, embutiram-no em um plástico e, finalmente, encaixaram o produto final entre dois eletrodos (ou pólos). Ao passar uma corrente elétrica, o 'biocomponente' apresentou um estado 'ligado', que só se desfez depois que a corrente elétrica voltou a um valor mais baixo, representando, nesse caso, o estado 'desligado'. Uma desvantagem da invenção, que pode trazer no futuro alguma boa reputação para os vírus, é que ela é mais lenta que os componentes eletrônicos disponíveis atualmente. Além disso, não se entende muito bem o processo que leva o vírus revestido aos dois estados. *Nature Nanotechnology*, vol. 1, n. 1, 2006



CORNELIA BÜCHEN-OSMOND / ICTN08

NEUROLOGIA

LSD, COGUMELOS E DORES DE CABEÇA

As chamadas dores de cabeça em salvas, que chegam a levar os pacientes ao suicídio, talvez sejam tratadas daqui a alguns anos com drogas alucinógenas que estiveram na moda na década de 1960, no chamado movimento *hippie*. Um estudo, o primeiro em 40 anos, analisa, com base em depoimentos, a ação terapêutica dessas substâncias.

As chamadas cefaléias (ou dores de cabeça) em salvas, cujas causas são desconhecidas, são tidas como o tipo mais brutal desse quadro. Elas não matam o portador, mas há vários casos na literatura de pessoas que, em total desespero, acabam batendo a cabeça contra portas e paredes até desmaiar ou chegar a cometer suicídio. Os ataques duram de 15 minutos a três horas e podem se repetir até oito vezes ao dia. Mesmo com medicamentos, essas crises podem voltar em menos de um mês. A inalação de oxigênio ou administração de medicamentos contra enxaqueca são procedimentos comuns para aliviar os sintomas.

Nos últimos anos, no entanto, grupos de discussão na internet reunindo pacientes que sofrem cefaléia em salvas vêm noticiando que o uso de drogas como LSD (derivada do ácido lisérgico, extraído de cereais, como o centeio) e a psilocibina (presente em certos tipos de cogumelo), quando tomadas em doses subalucinógenas, conseguem manter afastados os ataques por até seis meses.

Andrew Sewell e John Halpern, do Centro de Pesquisa sobre o Abuso de Álcool e Drogas, do Hospital McLean, Massachusetts (Estados Unidos), entrevistaram 53 pacientes que fazem uso dessas drogas para tratar esse tipo de cefaléia. Os resultados mostraram, por exemplo, que 85% dos entrevistados afirmaram que a ingestão de psilocibina abortou ataques já iniciados (52% afirmaram isso em relação ao uso de oxigênio). No cômputo geral, tanto o LSD quanto a psilocibina, segundo os autores, foram mais eficazes em prevenir os ataques que os medicamentos e tratamentos convencionais.

A dupla de pesquisadores pede agora que as leis norte-americanas sejam mudadas, pois elas impõem altas restrições a esse tipo de pesquisa em seres humanos. Para driblar essas proibições, entidades privadas vêm financiando os testes clínicos. Drogas como o *ecstasy*, muito usada por jovens em discotecas, e a própria psilocibina vêm sendo testadas no tratamento dos distúrbios pós-traumáticos, da desordem obsessivo-compulsiva e da ansiedade.

Neurology, vol. 66, pp. 1.920-1.922, 2006

SINTONIA FINA



NASA / GSFC / C. MEENEY

Nos próximos três anos, o Sol será vigiado de perto por um equipamento altamente sofisticado: o satélite Solar-B. Dotado de três instrumentos, cada um desenhado para coletar dados sobre diferentes aspectos do campo magnético da estrela, o satélite, que orbitará a Terra, passará a enviar seus primeiros dados da chamada ‘fase científica inicial’ já neste final de ano, cerca de dois meses depois de seu lançamento, no final de setembro último, do Centro Espacial Uchinoura (Japão). Os dados, que serão coletados nove meses por ano, irão ajudar a entender – e possivelmente prever – os fenômenos que ocorrem na superfície do Sol, como as chamadas labaredas (*flares*) e as explosões solares – estas últimas levam à ejeção de matéria. Acredita-se que a causa desses processos seja o complexo entrelaçamento de campos magnéticos no interior da estrela. Poucos minutos depois da ocorrência desses fenômenos no Sol, a Terra passa a ser bombardeada por enormes quantidades de radiação e por partículas carregadas eletricamente e altamente energéticas. Esses invasores cósmicos interferem, por exemplo, no funcionamento de satélites de telecomunicações e em estações geradoras de energia no solo. O projeto, que custou cerca de US\$ 120 milhões (aproximadamente R\$ 260 milhões), é uma colaboração das agências espaciais japonesa, européia e norte-americana, com participação do Conselho de Pesquisas em Física de Partículas e Astronomia do Reino Unido.

Cássio Leite Vieira

Ciência Hoje/RJ

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEUROSCIENCE, 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, AGÊNCIA FAPESP, CELL PRESS, CHANDRA DIGEST, ASTROPHYSICAL JOURNALS, GRAVITY PROBE B UPDATE, INTERACTIONS NEWS WIRE, MEDICAL NEWS TODAY, ALPHAGALILEU, ROYAL SOCIETY LATEST UPDATE, SCIDEV.NET, UNIVERSO FÍSICO, SCIDEV.NET WEEKLY UPDATE, PICKED UP FOR YOU (H. WACHSMUTH / CERN)

Ciência, dúvida, ceticismo

Renato Lessa

Diretor-Presidente do Instituto Ciência Hoje



O termo ‘ceticismo’ é, com frequência, mobilizado para designar uma atitude que combina pessimismo e certa dose de enfado diante da vida. Se dizemos estar ‘céticos’ diante de algo, isso quer dizer que nossa disposição para nos envolver com o assunto em pauta é mínima. A associação entre ceticismo e desânimo existencial, no entanto, surgiu inteiramente a despeito dos significados filosóficos originais das obras e reflexões dos pensadores céticos clássicos.

A distorção de significados fica evidente já quando levamos em conta a origem do termo: a palavra grega *skepsis*, que significa simplesmente ‘investigação’. O cético – ou *skeptikoi* – é aquele que investiga. Um dos principais pensadores céticos gregos, o médico Sexto Empírico, que viveu em Alexandria no século 3, dizia existirem três tipos de filósofos: os ‘dogmáticos’, que sustentam que a verdade existe; os ‘acadêmicos’ – que hoje designaríamos como relativistas –, que asseveram que a verdade não existe; e os ‘céticos’ que, segundo ele, “continuam a investigar”.

Outra acusação comumente dirigida aos céticos é a de que adotam uma atitude de misologia, ou seja, de aversão à razão e ao conhecimento. Tal caricatura decorre de uma interpretação singular e nada inocente do ceticismo antigo feita pelo francês René Descartes (1596-1650) em suas *Meditações*, de 1641. Descartes apresenta os céticos como adeptos de um padrão de incerteza total, a ponto de duvidarem da existência do chão no qual pisam. A caricatura foi deliciosamente rebuscada pelo francês Molière (1622-1673), na célebre peça *Le mariage forcé* (*O casamento forçado*), de 1644, na qual o cético Marphurius recusa-se a sustentar qualquer juízo, já que todos seriam incertos. Segundo o personagem, “devemos duvidar de tudo”, o que inclui o próprio exercício da dúvida.

Ao contrário das caricaturas, o ceticismo é uma atitude filosófica fundamental para a busca de conhecimento científico. Sua principal característica é a dúvida sistemática diante dos dogmas, a suspeita diante de proposições que pretendem encerrar verdades absolutas. O dogmático, segundo os céticos, seria marcado por dois traços singulares: a ausência de hesitação e um incontido amor

por seus próprios juízos. O que mais incomodava aos céticos antigos, para além da pretensão de posse da certeza e da infalibilidade do dogmatismo, era a forma de conceber o conhecimento como algo que emana de um sujeito extraordinário, capaz de perceber a totalidade das coisas e a usar meios de descoberta exclusivos – a cultura de segredo. Se todos procedem desse modo, surge uma legião de sábios, cada qual convicto de ter a chave para os enigmas do mundo, mas que falam coisas distintas e contraditórias.

O mérito dos céticos foi o de desconfiar das pretensões secretas à infalibilidade e estabelecer que o conhecimento é uma atividade humana que deve ser exercida com objetos e métodos compartilhados, os quais podem ser publicamente apresentados.

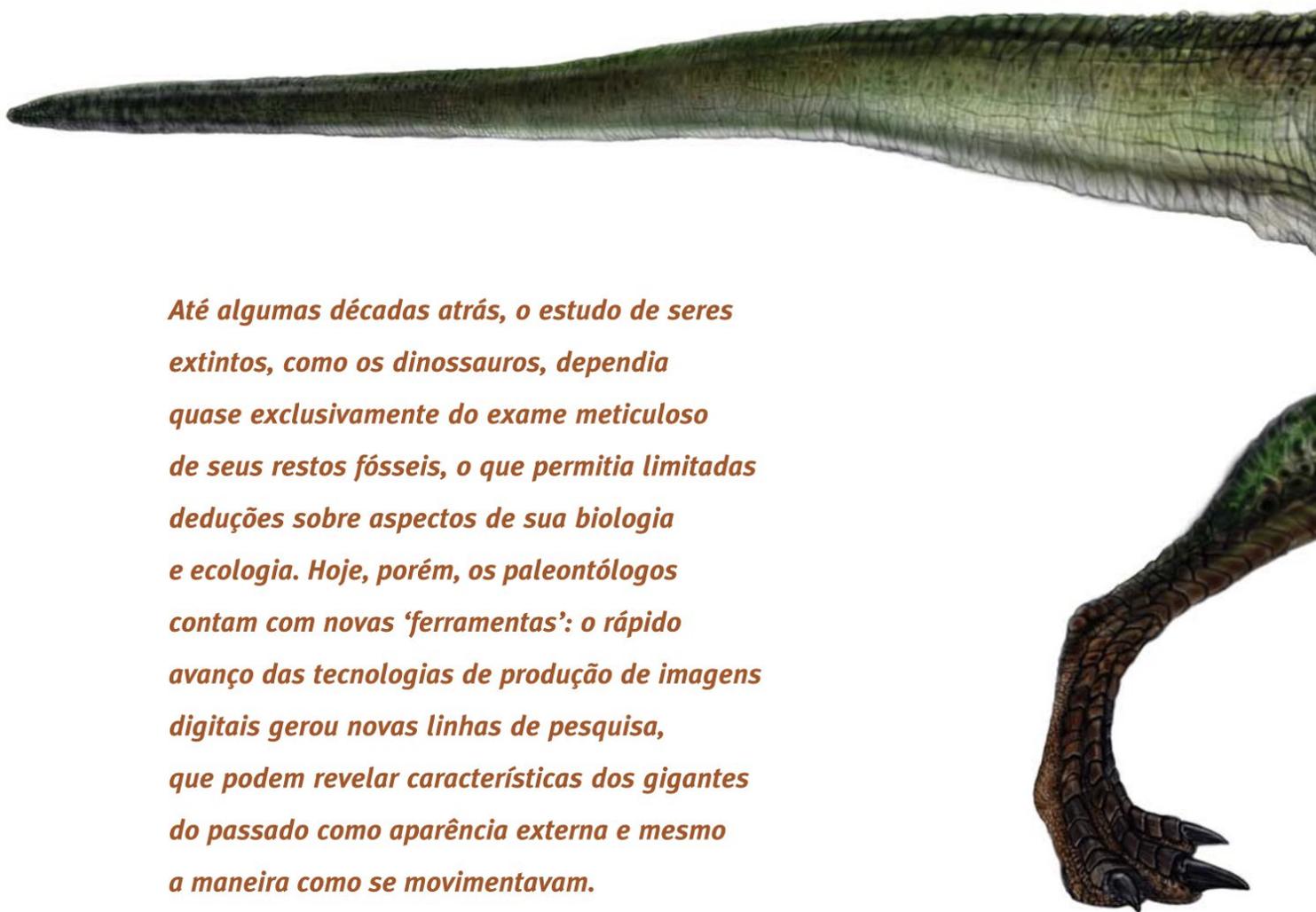
Os cientistas, segundo os céticos, são, antes de tudo,

O ceticismo é uma atitude filosófica crucial para a busca de conhecimento científico

investigadores. Ainda que possam celebrar a verdade em segredo e em culto doméstico, o que importa para os cientistas-investigadores é o exercício continuado da investigação. Nesse sentido, o horizonte da ciência, para os céticos, afasta-se do horizonte da certeza. A certeza é uma sensação existencial exclusiva dos portadores de crenças. Quando falam de ciência, os céticos designam uma atividade prática, que lida com conjuntos de objetos compartilhados ou compartilháveis. O regime de validação de seus enunciados e descobertas sustenta-se na argumentação e na demonstração (quando possível). O que o cientista chama de ‘certeza’ é uma sensação provisória de descoberta e esclarecimento, que pode ser reforçada ou, ao contrário, refutada pela seqüência da investigação. Mesmo que ele a interrompa, outros com ela prosseguirão.

A principal contribuição do ceticismo para a cultura científica é a da necessidade do exercício sistemático da dúvida. Com efeito, se a ciência resulta de perguntas que dirigimos a nossos experimentos – como assegurava Galileu –, a dúvida é um de seus protagonistas. O que chamamos de progresso científico, para além do que se descobre e inventa, é um trajeto preenchido por dúvidas sempre renovadas. ■

Os dinossa



Até algumas décadas atrás, o estudo de seres extintos, como os dinossauros, dependia quase exclusivamente do exame meticuloso de seus restos fósseis, o que permitia limitadas deduções sobre aspectos de sua biologia e ecologia. Hoje, porém, os paleontólogos contam com novas 'ferramentas': o rápido avanço das tecnologias de produção de imagens digitais gerou novas linhas de pesquisa, que podem revelar características dos gigantes do passado como aparência externa e mesmo a maneira como se movimentavam.

Cesar Leandro Schultz

*Departamento de Paleontologia e Estratigrafia,
Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

uros do futuro



Reconstituição bidimensional do dinossauro *Guaibasaurus candelariensis*, que habitou o Rio Grande do Sul há mais de 200 milhões de anos

A imagem mais freqüente que vem à mente da maioria das pessoas, quando pensam em fósseis, é a de um lugar escuro e silencioso, onde restos de seres vivos do passado repousam em prateleiras, identificados por etiquetas com seus nomes científicos. Perto, em algum laboratório, um especialista compenetrado, enfiado em um velho guarda-pó, manuseia com todo o cuidado uma peça, limpando-a da poeira dos tempos com ferramentas delicadas. Outro está estudando um exemplar já limpo, desenhando-o e descrevendo-o meticulosamente, e consultando grossos compêndios onde estão impressos os desenhos de outros fósseis semelhantes.

Se o cientista constatar que se trata de uma nova espécie, esse fóssil será então apresentado à comunidade científica através de um trabalho impresso, em alguma publicação especializada, contendo seu nome científico (dado por quem o estudou), sua descrição e sua classificação, acompanhados por desenhos e fotografias. Então, ele estará pronto para juntar-se a outros, em uma exposição, onde poderá finalmente ser visto pelo público. ▶

ILUSTRAÇÃO DE DOROTHY BALLARINI/JUEGOS

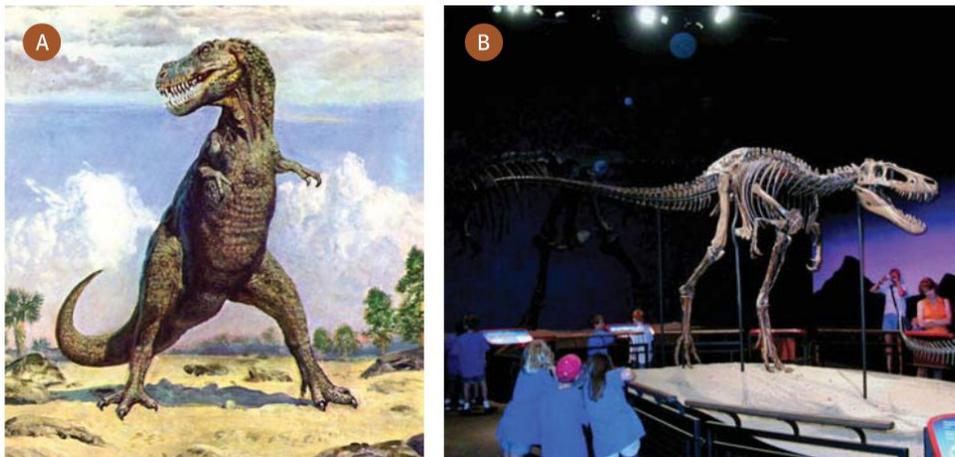


Figura 1. Alteração da postura de *Tyrannosaurus rex* com base em resultados obtidos com modelos biomecânicos em computador: a postura tradicional (A) e a nova (B), com a coluna em posição horizontal

Se você concluiu que, em plena era digital, tudo isso parece muito antiquado e maçante e que, portanto, não haveria a menor possibilidade de você vir a tornar-se um paleontólogo, embora continue fascinado por dinossauros, não perca a esperança. O mundo da paleontologia também está mudando rapidamente com a incorporação da tecnologia.

Boa parte dos procedimentos descritos acima ainda faz parte da metodologia de trabalho tradicional usada na paleontologia, em especial o trabalho meticuloso de preparação e descrição dos fósseis. Entretanto, outras formas de abordagem, usando tecnologias de ponta das áreas da medicina, engenharia, computação gráfica e artes, vêm fazendo com que os fósseis literalmente saiam das prateleiras para invadir o mundo dos computadores.

Como fazer um fóssil voltar a andar

Um dos marcos mais notáveis dessa mudança foi o lançamento do primeiro filme da série *Jurassic Park* – *Parque dos dinossauros*, do diretor norte-americano Steven Spielberg. A reconstituição virtual dos dinossauros, para que ‘contracenassem’ com os atores de carne e osso, levou a um estrondoso sucesso de bilheteria, que apenas confirmou o fascínio que essas criaturas extintas exercem sobre a imaginação das pessoas. O filme, porém, foi além disso: gerou reflexos na própria paleontologia. Um dos mais marcantes se deu quando o Museu Norte-americano de História Natural (AMNH, na sigla em inglês) decidiu, pouco antes da estréia do filme, interditar, por algum tempo, uma de suas maiores atrações em exposição – um esqueleto completo de tiranossauro (*Tyrannosaurus rex*) – para que o mesmo fosse remontado em uma postura diferente

(figura 1), exatamente como viria a aparecer no filme. Na verdade, a discussão sobre a postura do *T. rex* já existia muito tempo antes do filme, com vários pesquisadores argumentando que a posição ‘tradicional’ – de pé, com a coluna em um ângulo de 45° em relação ao chão (figura 1A) – seria inviável para o animal. Apesar disso, tanto os museus quanto os livros continuavam a ilustrar o *T. rex* nessa antiga postura, considerada a correta desde o século 19. Esse panorama começou a mudar somente quando os engenheiros e técnicos de computação gráfica, responsáveis pela ‘criação’ dos dinossauros virtuais do filme, demonstraram, por meio de modelos biomecânicos, que a postura tradicional era inviável e que o tiranossauro só poderia andar com a coluna paralela ao solo (figura 1B) – mais informações sobre o tema podem ser obtidas (em inglês) em páginas específicas da Wikipédia (<http://en.wikipedia.org/wiki/Tyrannosaurus#Posture>) e do AMNH (http://www.amnh.org/exhibitions/expeditions/treasure_fossil/Treasures/Tyrannosaurus/tyrannos.html?dinos).

Para o público que lotou os cinemas e viu um tiranossauro correndo atrás de um carro com sua coluna posicionada horizontalmente, como qualquer ave atual, esse detalhe deve ter feito pouca diferença. Para a paleontologia, porém, representou a afirmação do uso de uma nova abordagem em relação aos fósseis. Abordagem que trouxe, nos anos seguintes, contribuições cada vez mais significativas, estando ainda longe de chegar aos seus limites potenciais. Um bom exemplo disso é o próprio *T. rex*, cuja biomecânica continua a ser motivo de discussões e estudos através de modelos construídos em computadores.

O paleontólogo norte-americano John R. Hutchinson, do Royal Veterinary College (Inglaterra), desenvolveu em pesquisa recente, que pode ser conferida na página do próprio museu (<http://www.amnh.org/exhibitions/dinosaurs/theropod/walk.php>), novos modelos biomecânicos que simulam o movimento do tiranossauro. Tais modelos, mais complexos, envolvem uma interação mais precisa entre os ossos e os músculos que movimentam as patas e a cauda (figura 2) do *T. rex* e indi-

cam que ele não seria capaz de correr, como aparece no filme, mas apenas de andar, em função de seu peso e da estrutura de seu esqueleto.

Trabalhos como esse demonstram que, embora a idéia de recriar dinossauros a partir de restos de DNA retirados do estômago de mosquitos preservados em âmbar não passe de um enredo engenhoso, cada vez mais é possível fazer esses gigantes do passado (e outros fósseis) ‘voltarem à vida’ usando a tecnologia digital. No computador, técnicas de engenharia e computação gráfica permitem moldar ossos de um esqueleto inteiro e encaixá-los, acrescentando músculos e tendões virtuais exatamente nos pontos onde atuavam no animal vivo, o que é definido por marcas indicativas na superfície dos ossos. Em um estágio seguinte, o modelo completo, tal qual um conjunto de peças e engrenagens mecânicas, pode ser ‘testado’ quanto à sua funcionalidade e resistência, tornando possível ao paleontólogo, literalmente, ‘ver’ um fóssil em movimento – coisa que, até então, só podia imaginar e inferir.

Em resumo, características como o modo de andar ou correr (e a velocidade máxima), a força de mordida, o peso e a massa muscular de animais extintos podem ser testadas e mensuradas através desses modelos. Com isso, essas reconstituições deixam de ser apenas o resultado da imaginação criativa de artistas, tornando-se o produto final de um extenso trabalho de colaboração entre paleontólogos, engenheiros, técnicos em computação gráfica e – é claro – artistas.

Uma revolução nas imagens

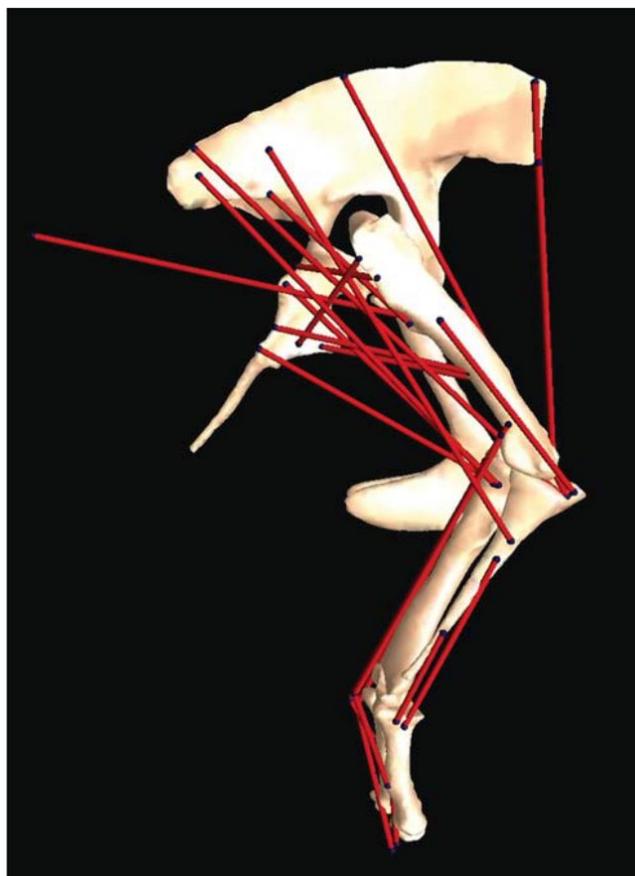
Antes de trabalhar com fósseis no ambiente virtual dos computadores, porém, é necessário um passo de extrema importância: pôr os fósseis dentro do computador! Hoje, isso deixou de ser um problema, graças ao avanço constante das me-

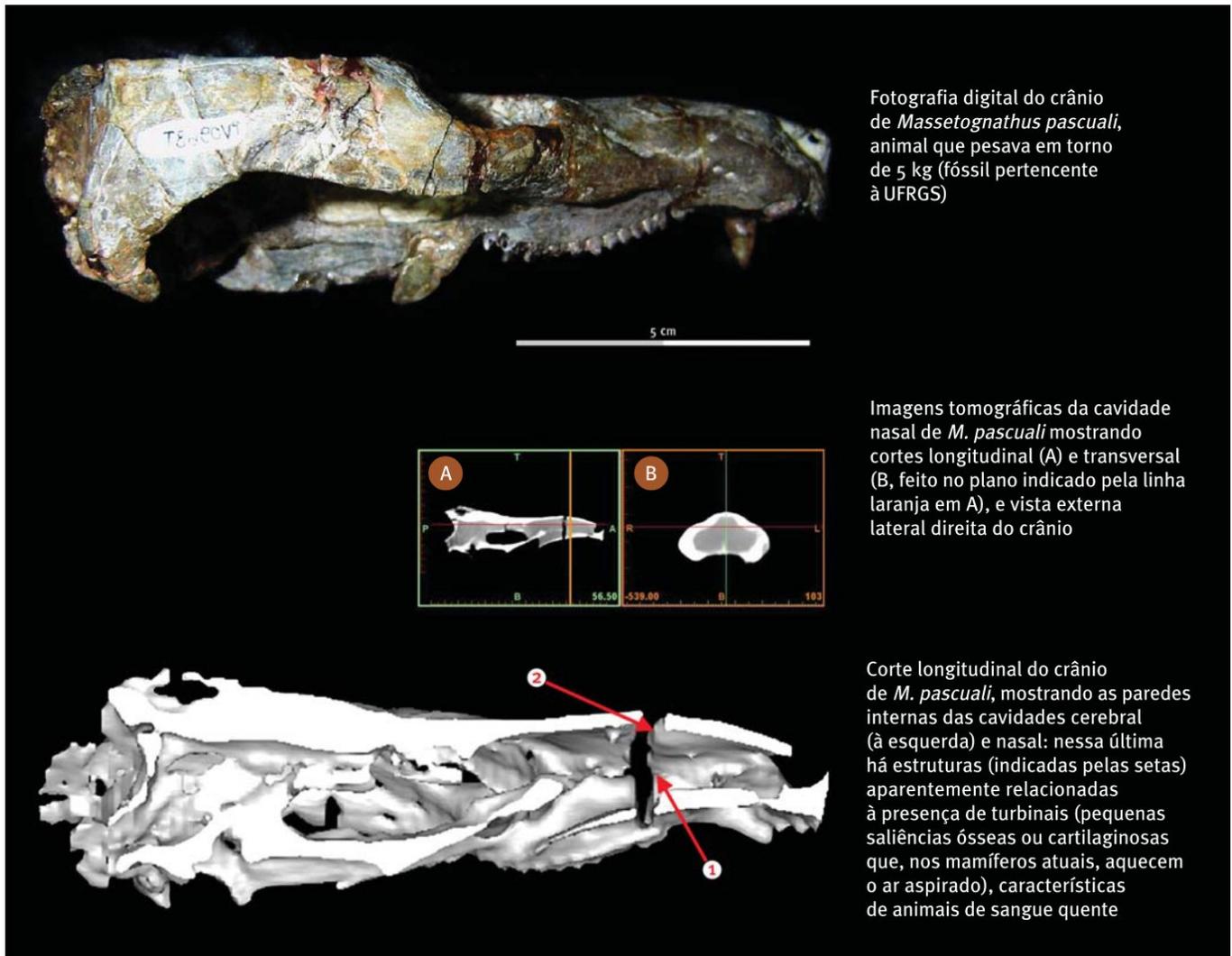
J. HUTCHINSON

Figura 2. Novo modelo biomecânico digital da pata traseira do tiranossauro — as linhas vermelhas representam os músculos que agem sobre os ossos (ver animações desse modelo em <http://www.amnh.org/exhibitions/dinosaurs/theropod/walk.php>)

todologias de obtenção de imagens digitalizadas, que mudaram radicalmente o dia-a-dia do trabalho paleontológico. Até há poucos anos, as imagens de fósseis eram feitas por fotógrafos (utilizando câmeras com filmes, que precisavam ser revelados e copiados) e por desenhistas (usando papéis e canetas especiais), em um trabalho lento, minucioso e com um custo significativo. Além disso, as publicações científicas só aceitavam ilustrações em preto-e-branco. Já as reconstituições dos animais de outras épocas, que apareciam em revistas e livros, eram feitas – à mão livre – por um seleto grupo de desenhistas altamente especializados.

O surgimento das câmeras fotográficas digitais, que permitem obter, quase sem custo e em quantidades ilimitadas, imagens que podem ser colocadas diretamente nos programas de edição dos computadores, simplificou – e barateou – enormemente esse trabalho. Ao mesmo tempo, várias publicações científicas (especialmente as divulgadas em meio eletrônico) passaram a aceitar ilustrações coloridas, permitindo ao leitor uma visualização mais próxima da real dos fósseis apresentados nos trabalhos. Além disso, a possibilidade de trabalhar com essas imagens em programas gráficos tornou muito mais fácil elaborar composições envolvendo fotografias, desenhos, gráficos e outros elementos. ▶





Fotografia digital do crânio de *Massetognathus pascuali*, animal que pesava em torno de 5 kg (fóssil pertencente à UFRGS)

Imagens tomográficas da cavidade nasal de *M. pascuali* mostrando cortes longitudinal (A) e transversal (B, feito no plano indicado pela linha laranja em A), e vista externa lateral direita do crânio

Corte longitudinal do crânio de *M. pascuali*, mostrando as paredes internas das cavidades cerebral (à esquerda) e nasal: nessa última há estruturas (indicadas pelas setas) aparentemente relacionadas à presença de turbinas (pequenas saliências ósseas ou cartilaginosa que, nos mamíferos atuais, aquecem o ar aspirado), características de animais de sangue quente

Figura 3. A observação de cavidades internas de fósseis através de tomografias (obtidas com o equipamento do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, da UFRGS) permite investigar, por exemplo, detalhes ósseos que indiquem endotermia (sangue quente) em cinodontes não-mamalianos (animais extintos tidos como ‘parentes’ próximos dos mamíferos).

Entretanto, a grande revolução que a tecnologia trouxe para a paleontologia está derivando de duas outras formas de aquisição de imagens digitais: a tomografia computadorizada e a varredura digital a *laser* em três dimensões (3D).

Tomografias helicoidais de fósseis

A tomografia, amplamente utilizada na medicina, permite obter imagens tridimensionais de órgãos, músculos e ossos, e os últimos podem ser visualizados tanto em seu aspecto externo quanto no interno. Essa característica abriu um mundo de no-

vas possibilidades para a paleontologia, a começar pelo acesso às partes internas dos fósseis. No caso dos vertebrados, por exemplo, significa poder ‘ver’ o interior das cavidades cranianas, avaliando, por exemplo, a forma e o volume do cérebro, as rotas de passagem dos nervos e vasos sanguíneos através dos ossos, além do aspecto interno da cavidade nasal. Além disso, pode ser estudada toda a anatomia dentária, revelando, por exemplo, a forma das raízes dos dentes e a presença de dentes de substituição ainda dentro da mandíbula.

Um ovo – de um dinossauro, por exemplo – pode revelar a presença de um embrião em seu interior, o que permite estudá-lo mesmo que nunca tenha sido, ou venha a ser, exposto diretamente aos olhos de qualquer pessoa. A tomografia também torna muito mais fácil obter modelos tridimensionais de

fósseis, que podem ser analisados tanto externa quanto internamente, mesmo que ainda estejam dentro das rochas nas quais foram sepultados. Informações desse tipo podem levar os paleontólogos a importantes deduções referentes não só ao formato e à estrutura dos ossos, mas também à fisiologia dos animais (figura 3).

Digitalização a laser em 3D

Nessa técnica avançada, um feixe de *laser* percorre a superfície de qualquer objeto, por todos os ângulos, e os dados obtidos são transmitidos diretamente para um arquivo digital, permitindo compor imagens tridimensionais do material em exame. No caso dos fósseis, essa técnica tem vantagens em relação à tomografia por ser mais lenta e permitir apenas a reprodução da superfície externa dos materiais (figura 4). No entanto, é um equipamento mais acessível que um tomógrafo, tanto em custo quanto em tamanho (já existem escanea-

doras 3D portáteis) e facilidade de operação, e permite imagens de altíssima resolução de qualquer superfície. É possível, por exemplo, obter imagens de detalhes da superfície externa da casca de um ovo fóssil, ver facetas de desgaste na superfície de dentes ou ainda obter o padrão de textura da pele de um animal extinto a partir da impressão deixada por ela em algum material (lama, por exemplo) que depois se tornou rochoso.

Em resumo, as novas tecnologias de obtenção de imagens em meios digitais vêm permitindo visualizar, reproduzir e manipular, através de modelos tridimensionais, estruturas e feições morfológicas de fósseis. Trata-se de uma perspectiva totalmente nova, que leva a abordagens cada vez mais variadas e a descobertas científicas importantes. ▶

(A) FOTO DE TEO V. DE OLIVEIRA/(B) CEDIDA POR C. SCHULTZ

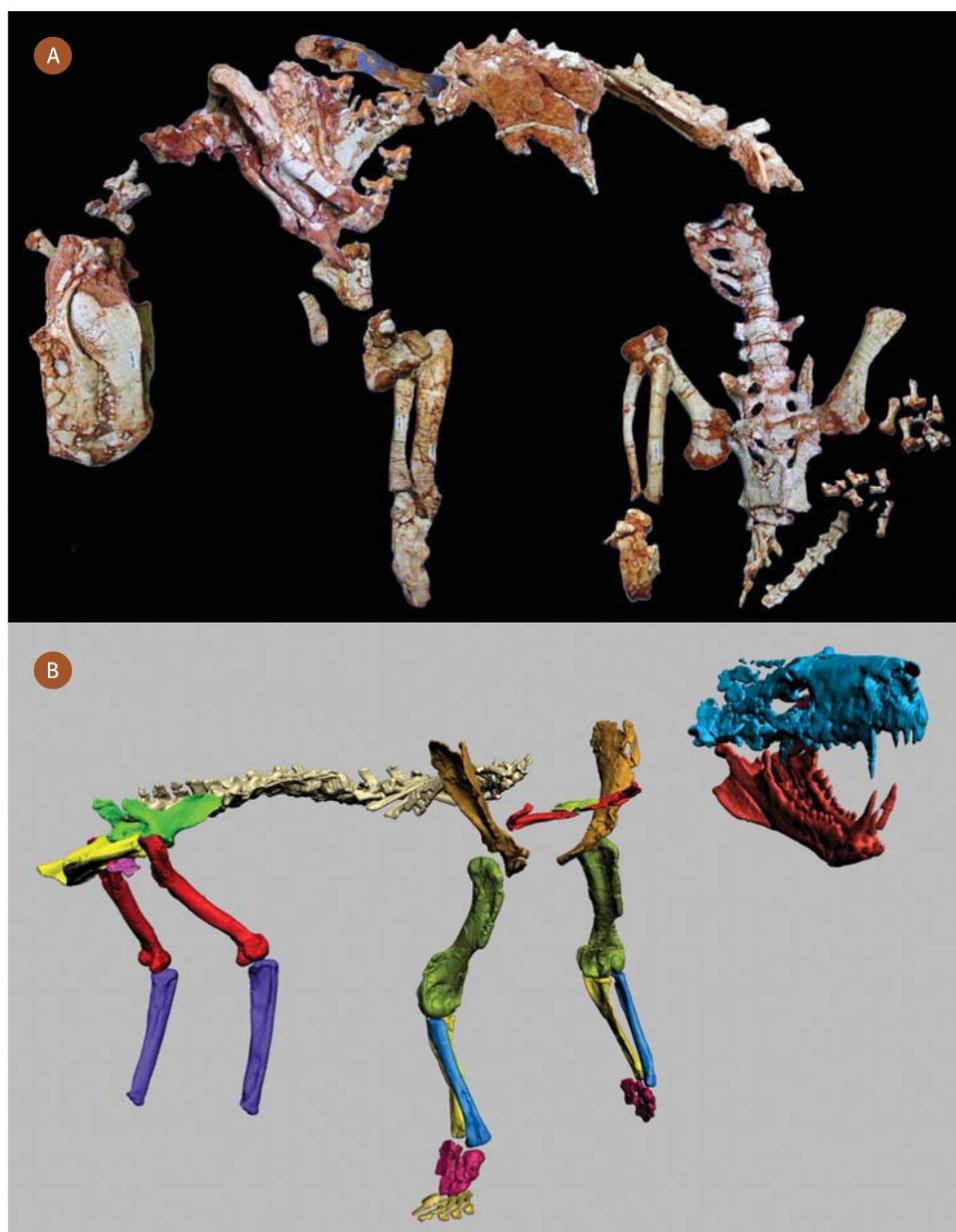


Figura 4. Construção de modelo digital tridimensional de fóssil de cinodonte (do acervo da UFRGS) ainda não descrito. Esse esqueleto será estudado do ponto de vista biomecânico e depois serão adicionados músculos e pele, para obter uma reconstituição completa, com animação, como parte do projeto de doutorado de Téo Veiga de Oliveira. Em (A), fotografia digital do esqueleto, como foi encontrado. Em (B), montagem digital tridimensional do esqueleto (ainda incompleta). A montagem usa imagens de escaneadora *laser* 3D (ossos da cintura e membros), obtidas com o equipamento do Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS, e imagens de tomografia computadorizada (ossos do crânio, mandíbula e vértebras), obtidas com equipamento do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Mas as possibilidades vão ainda mais além: já existe tecnologia para obter não só a imagem digital, mas uma reprodução física, tridimensional (feita em resina, plástico, gesso ou outros materiais), de coisas como, por exemplo, um embrião ainda dentro de um ovo, um fóssil ainda dentro da rocha, um molde interno da cavidade cerebral de um fóssil (que pode estar ainda dentro da rocha) ou mesmo a textura da pele de um dinossauro! Tudo isso é possível porque os arquivos digitais contendo imagens tridimensionais (obtidas tanto por tomógrafos quanto por escaneadoras 3D) podem ser utilizados para a construção rápida de protótipos, em equipamentos cada vez mais usados pelas indústrias.

Nesse processo, um programa de computador usa as informações sobre um objeto escaneado em 3D ou tomografado para orientar sua fabricação em uma máquina industrial, sem a necessidade de confecção de moldes. Esse processo permite obter réplicas perfeitas de qualquer fóssil (figura 5), em qualquer escala (basta alterar as dimensões do arquivo digital) e em quantidades ilimitadas, sem expor os materiais aos riscos de danos, freqüentes nos processos tradicionais de modelagem e replicação.



Figura 5. Fotografia digital do crânio do cinodonte *Massetognathus pascuali* e reprodução do mesmo crânio (ao lado), em gesso e em escala reduzida, confeccionada no Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS por uma fresadora conectada a um computador, com base em imagens 3D obtidas em um tomógrafo do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

A arte digital e a paleontologia

As novas tecnologias de obtenção de imagens estão proporcionando também uma integração da paleontologia com as artes plásticas. Em lugar das reconstituições tradicionais de fósseis através de desenhos, que consagraram vários artistas nas décadas passadas, tornando-os especialistas, e estão presentes em todos os livros de paleontologia, hoje é possível conseguir reconstituições perfeitas – e em três dimensões – dos mesmos fósseis. Para isso é usada a técnica denominada ‘escultura digital’ – que significa exatamente isso: escultura feita em computador!

Com base nas imagens obtidas por fotografia digital, tomografia ou digitalização a *laser* em 3D, os artistas podem trabalhar com as proporções exatas dos fósseis, em três dimensões, dando a um esqueleto virtual o correto volume de músculos e depois complementando o desenho ou a ‘escultura’ com a textura e as cores de peles, garras, dentes e olhos, discutindo cada detalhe com os paleontólogos para que o produto final tenha a maior fidelidade possível, de acordo com os conhecimentos disponíveis (figura 6).

Por fim, as articulações do esqueleto (evidenciadas pelos encaixes entre os ossos) associadas aos músculos que se imagina que atuavam sobre elas (inferidos para os fósseis a partir da observação de animais atuais), permitirão, depois de debates entre paleontólogos e engenheiros quanto aos aspectos biomecânicos do animal reconstituído, que este seja colocado em movimento, por meio de programas gráficos específicos para animação (os mesmos usados em filmes recentes como *King Kong* e *A era do gelo*, entre outros). O resultado de todo esse processo pode aparecer, por exemplo, na forma de um tiranossauro de sete toneladas correndo na tela com a mesma naturalidade de leões ou elefantes atuais que tenham sido filmados em movimento.

Todas as técnicas citadas neste artigo já estão sendo utilizadas no Brasil, por paleontólogos brasileiros, especialmente no

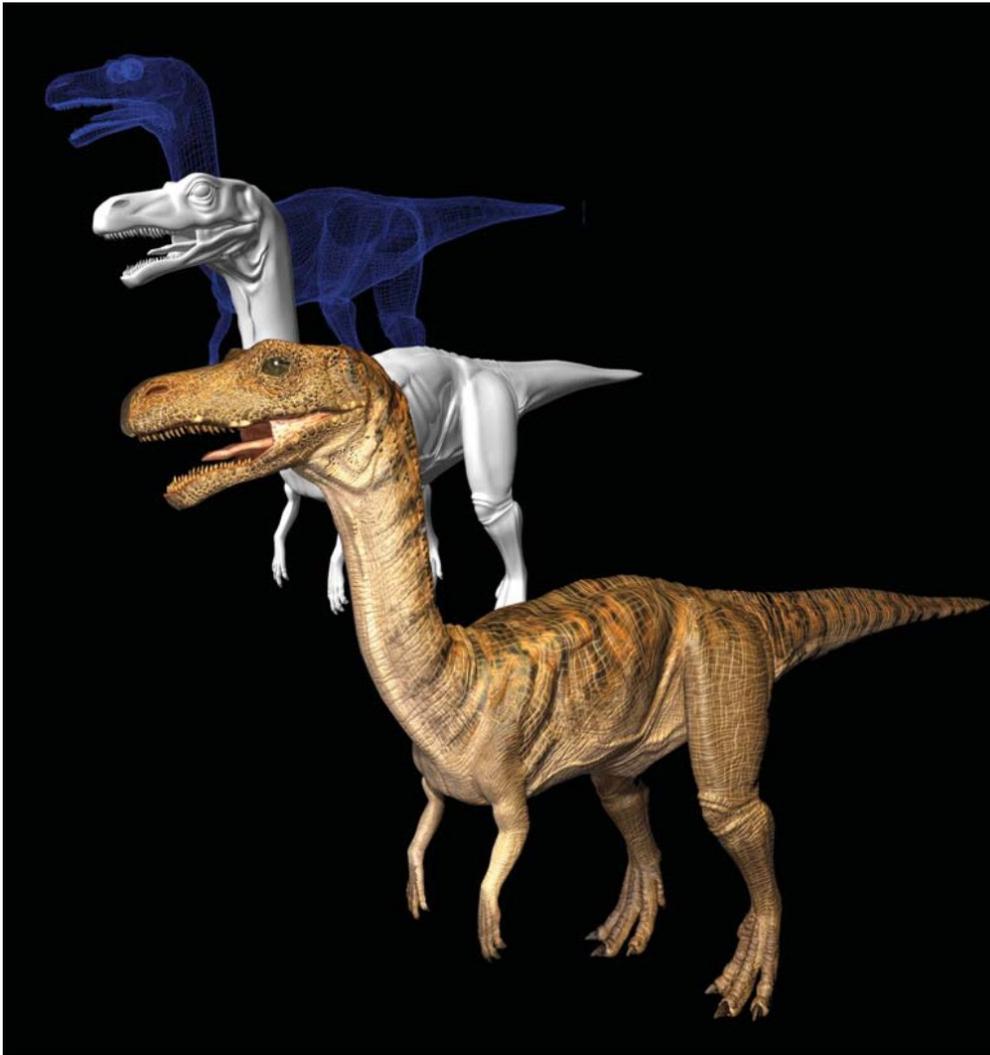


Figura 6. As novas tecnologias vêm revolucionando a reconstituição artística de vertebrados fósseis, antes feita com técnica de pintura sobre tela (como na figura 1A). Hoje, os artistas podem usar outros recursos, como mostram as três etapas da reconstituição, feita no Instituto de Artes da UFRGS, do dinossauro *Guaibasaurus candelariensis*, que viveu no Rio Grande do Sul há cerca de 220 milhões de anos: estrutura inicial, escultura digital ainda sem os detalhes e versão final, com pele, olhos, garras e outras características

Setor de Paleovertebrados do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e no Setor de Paleovertebrados do Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e podem ser aplicadas a outros tipos de fósseis, além dos vertebrados. Na UFRGS, o projeto 'O Rio Grande do Sul no Tempo dos Dinossauros' (coordenado pelo autor deste artigo), patrocinado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), está produzindo reconstituições virtuais de tetrápodes do período Triássico (entre 248 e 205 milhões de anos atrás) que viveram onde hoje se situa o Rio Grande do Sul, incluindo os primeiros dinossauros e os ancestrais dos mamíferos, além de outros grupos que não deixaram descendentes nos dias de hoje.

Portanto, se você é um fã de dinossauros mas quer escolher uma profissão em que possa trabalhar com o que há de mais moderno em termos de tecnologia digital, saiba que a paleontologia pode ser o seu caminho. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- AZEVEDO e outros. 'Da tomografia helicoidal ao protótipo físico: uma ferramenta eficiente na análise de vertebrados fósseis', in P. M. Gallo, H. M. A. Silva & F. J. Figueiredo (eds), *Paleontologia de vertebrados – grandes temas e contribuições científicas*, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2006.
- LYONS, P. D.; RIOUX, M., & PATTERSON, R. T. 'Application of a three-dimensional color laser scanner to paleontology: an interactive model of a juvenile *Tylosaurus* sp. basisphenoid-basioccipital', in *Palaeontologia Electronica*, v. 3 (2), 2000 (2,04 Mb) (http://palaeo-electronica.org/2000_2/neural/issue2_00.htm).
- Página do Projeto "O Rio Grande do Sul no Tempo dos Dinossauros": <http://www.ufrgs.br/geociencias/paleo/projeto.htm>
- PURNELL, M. A. 'Casting, replication, and anaglyph stereo imaging of microscopic detail in fossils, with examples from conodonts and other jawless vertebrates', in *Palaeontologia Electronica*, v. 6 (2), 2003 (419 Kb) (http://palaeo-electronica.org/paleo/2003_2/rubber/issue2_03.htm).
- WILHITE, Ray, 'Digitizing large fossil skeletal elements for three-dimensional applications', in *Palaeontologia Electronica*, v. 5 (1), 2003 (619 Kb) (http://palaeo-electronica.org/paleo/2002_2/scan/issue2_02.htm).

A demanda de energia na Terra vem crescendo de forma acelerada, em função do aumento da população mundial e do consumo per capita, em especial nos países em desenvolvimento. No entanto, o uso das principais fontes de energia disponíveis hoje, em sua maioria de origem fóssil, tem sido limitado por disputas comerciais, que levam a litígios de caráter geopolítico e até a guerras regionais. Além disso, os combustíveis fósseis são os principais responsáveis pela emissão de gases que intensificam o 'efeito estufa' (o aquecimento da atmosfera terrestre), que ameaça a própria sobrevivência da espécie humana. A gravidade desse quadro poderia ser atenuada através do aproveitamento indireto da energia solar para obter combustíveis derivados de vegetais, que podem ser plantados e cultivados praticamente pelo mundo inteiro, de forma renovável e não poluidora. É a chamada 'energia verde'.

Joaquim Francisco de Carvalho

Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia,
Universidade de São Paulo

En

A radiação emitida pelo Sol e que chega à superfície da Terra pode ser aproveitada tanto diretamente, em coletores solares (que aquecem água e outros fluidos) e em células fotovoltaicas (que geram energia elétrica), quanto indiretamente, sob a forma de 'energia verde'. Esta nada mais é do que a energia luminosa convertida em energia química pela fotossíntese e armazenada em vegetais como gramíneas (cana-de-açúcar, sorgo e outras), leguminosas (soja), euforbiáceas (mamona, mandioca), palmáceas (babaçu, dendê), mirtáceas (eucalipto), pináceas (*pinus*) e ninféáceas e pontederiáceas (aguapé, jacinto-d'água) e outras. A partir dessas plantas podem ser produzidos combustíveis como o etanol, o biodiesel, o metanol de madeira, a lenha, o carvão vegetal, os biogases e o hidrogênio.

A energia solar que alcança o nosso planeta é calculada em função da chamada constante solar – a potência com que a radiação solar incide sobre uma superfície perpendicular à sua dire-

ção de propagação, fora da atmosfera terrestre, em seus limites extremos. O valor da constante solar é de 1,367 quilowatts por metro quadrado (kW/m^2). A quantidade total de energia solar que incide anualmente sobre a Terra pode ser obtida (em quilowatts/hora) multiplicando-se a constante solar pela área da projeção do globo terrestre sobre um plano perpendicular às radiações (figura 1) e pelo número de horas de um ano.

Essa área é de cerca de $1,269 \times 10^{14}$ (1.269 seguido de 11 zeros) m^2 , e um ano tem 8.766 horas. Portanto, multiplicando 1,367 kW/m^2 (constante solar) por $1,269 \times 10^{14}$ m^2 (área projetada) e por 8.766 horas, descobrimos que o Sol banha a Terra, por ano, com impressionantes 15×10^{17} (15 seguido de 17 zeros) quilowatts-hora (kWh).

Essa energia chega à alta atmosfera sob a forma de radiação eletromagnética, apresentando uma larga faixa de comprimentos de onda: desde os correspondentes aos raios X até os das ondas de rádio. A parte preponderante, no entanto, con-



energia verde

centra-se em uma faixa mais estreita situada entre a radiação ultravioleta e a infravermelha. Essa faixa é conhecida como espectro luminoso, ou luz visível.

Do total de energia solar que chega à Terra, porém, cerca de 30% são refletidos diretamente pela atmosfera, sem nela penetrar, voltando ao espaço sob a forma de radiação de onda curta, com comprimentos de onda nas faixas ultravioleta, violeta e azul. Foi essa reflexão que levou o russo Iuri Gagarin (1934-1968), o primeiro astronauta do mundo, a afirmar, ao olhar para fora de sua nave, em abril de 1961, que “a Terra é azul”.

Os 70% restantes têm os seguintes destinos: cerca de dois terços dessa parcela convertem-se em calor, cerca de um terço aciona o ciclo hidrológico (evaporação, chuvas etc.), uma pequena parcela gera ventos e correntes marítimas e outra parte reduzida é armazenada, através da fotossíntese, nos vegetais (figura 2).

Assim, pouco mais de 46% do total da radiação solar incidente na Terra são absorvidos na atmosfera e na superfície, convertendo-se em calor. Esse calor é em parte reemitido para o espaço na forma de radiação infravermelha (radiação de ondas longas). Parte dessas reemissões, porém, é retida por alguns gases atmosféricos, que desempenham papel semelhante ao de uma estufa (gás carbônico e vapor d'água, por exemplo), ajudando a manter a temperatura média da atmosfera em torno de 15°C, o que possibilita, entre outras coisas, a vida humana, desde que esse ‘efeito estufa’ se mantenha moderado. No entanto, devido à queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e derivados) e aos desmatamentos e incêndios florestais, entre outros fatores, a concentração desses gases (em especial o gás carbônico, CO₂) vem aumentando o efeito estufa, o que induz a elevação constante da temperatura média da atmosfera. Esse aumento do efeito estufa já vem provocando eventos climáticos extremos. ▶

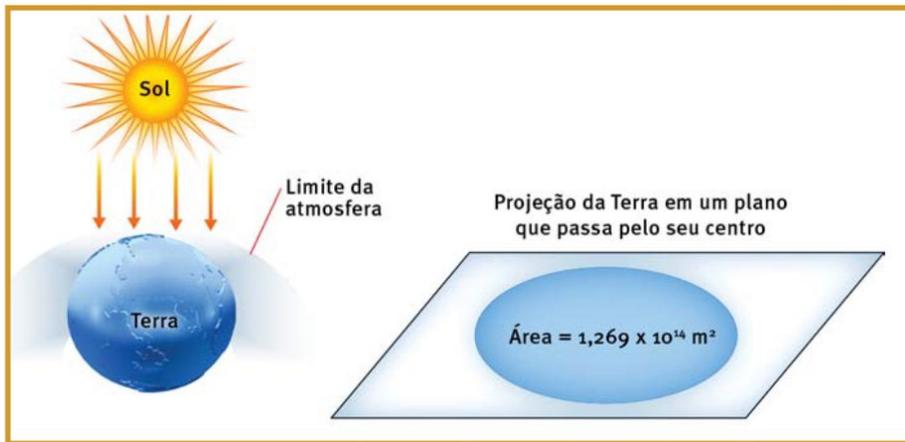


Figura 1. A projeção da terra, em um plano que passa por seu centro, permite obter a área ($1,269 \times 10^{14} \text{ m}^2$) que recebe a incidência da radiação solar

Outros 23% da radiação incidente, aproximadamente, respondem pelo ciclo hidrológico (evaporação das águas e fenômenos de convecção, formação de nuvens, chuvas, nevasdas, acumulação em geleiras, lagos e rios) e também acabam reemitidos para o espaço na faixa térmica. Mais uma pequena parte (cerca de 0,15%) dá origem aos ventos, às ondas e às correntes marítimas. Já a fotossíntese (a reação alimentada pela radiação solar para sintetizar compostos orgânicos, convertendo energia luminosa em energia química) faz com que uma parte mínima da radiação que chega à Terra (0,02% do total) seja armazenada nas plantas. Essa 'parcela mínima', no entanto, é de $3,04 \times 10^{14}$ kWh por ano, o que equivale a quase nove vezes o consumo mundial de energia ($0,35 \times 10^{14}$ kWh por ano, somando-se todas as fontes).

A superfície também recebe energia vinda do interior da própria Terra, através de erupções de vulcões e gêiseres, do calor do magma conduzido em rochas e de outras fontes. Essa quantidade, somada à energia gravitacional (que provoca as marés), equivale a apenas 0,018% da energia recebida do Sol.

Toda a energia solar que chega (ou chegou) à Terra – aí incluído o calor gerado pela decomposição de plantas e animais e pela queima de combustíveis fósseis, cuja formação resultou de energia solar incidente há milhões de anos – é reemitida na faixa térmica, juntamente com a energia própria da Terra. Assim, o total de energia solar incidente equivale à soma das energias reemitidas, equilibrando o balanço.

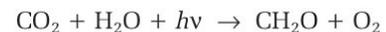
Fotossíntese e vida

O processo da fotossíntese ocorre nas plantas verdes, que contêm clorofila. Esse composto, ao captar um fóton ('pacote' de energia da luz solar, de-

nominado *quantum*), perde elétrons, e a energia destes é utilizada para promover uma série de reações químicas. As principais reações envolvidas são: I. a quebra de moléculas de água (H_2O), liberando hidrogênio (2 H^+) e oxigênio (O); II. a combinação do hidrogênio com a coenzima NADP^+ , gerando NADPH (forma mais energética); III. a transformação do difosfato de adenosina (ADP), através da ligação a um grupo fosfato, em trifosfato de adenosina (ATP), molécula que atua como fornecedora de energia nas células vegetais e ani-

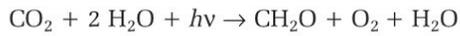
mais; e IV. a utilização do hidrogênio e do gás carbônico (CO_2) absorvido da atmosfera para a síntese de carboidratos, formados por múltiplos da unidade básica CH_2O , e de outros compostos importantes para o metabolismo vegetal.

Outras reações extremamente complexas são necessárias para a formação dos diferentes tecidos vegetais (celulose, glicídios, lipídios, proteínas, lignina e outros), constituídos, em última instância, por energia química potencial. A fotossíntese, portanto, nada mais é que a síntese de carboidratos e outros compostos orgânicos de alto teor energético, a partir de substâncias de baixo potencial energético existentes na atmosfera, como o gás carbônico e a água. De modo simplificado, pode-se representar esse processo pela reação (na qual $h\nu$ é a energia dos fótons):



Detalhes importantes dos mecanismos de transporte de energia e de síntese de matéria orgânica, durante a fotossíntese, foram revelados por experimentos realizados com técnicas laboratoriais sofisticadas. Constatou-se, entre outros fenômenos, que, combinando os carboidratos sintetizados com outras substâncias, retiradas no solo pelas raízes, as plantas formam todos os compostos orgânicos de que precisam (proteínas, ácidos, gorduras, pigmentos e outros), através de reações bioquímicas promovidas por enzimas.

A reação de fotossíntese produz dois átomos de oxigênio, que se unem para formar oxigênio gasoso (O_2), liberado para a atmosfera. Testes que usaram moléculas de água formadas apenas por um isótopo de oxigênio (^{18}O) confirmaram que os átomos de oxigênio liberado vêm sempre dessas moléculas. Como cada molécula de água (H_2O) só contém um desses átomos, ao menos duas delas devem participar para que a reação fique 'completa'. Assim, a forma mais apropriada da reação seria:



Nessa reação, a luz desagrega as moléculas de água, liberando oxigênio e hidrogênio. Dos quatro átomos de hidrogênio liberados, dois unem-se ao carbono e a um átomo de oxigênio do CO₂ para formar CH₂O e dois unem-se ao outro átomo de oxigênio do CO₂ para formar uma nova molécula de água (H₂O). A confirmação de que o oxigênio gasoso liberado vem da água (e não do CO₂) significa que a energia iniciadora do processo de fotossíntese é a fornecida pela luz, ao fotolisar ('quebrar') a água.

Eficiência da fotossíntese

A eficiência da fotossíntese é a razão entre a energia solar absorvida e a energia química armazenada. A energia armazenada equivale à diferença entre a energia contida nos compostos orgânicos produzidos e no oxigênio gasoso liberado e aquela contida nos reagentes, ou seja, no gás carbônico e na água. Essa diferença pode ser medida em termos da variação da energia livre (ΔG). Para a reação de fotossíntese, se realizada em condições normais de temperatura e pressão, o valor de ΔG é de 47×10^4 joules por mol – ou 112 quilocalorias por mol (kcal/mol) – joule e caloria são unidades de energia, mas essa última é mais utilizada em biologia. Um mol, ou molécula-grama, designa a massa molecular de determinada substância, expressa em gramas, e o número de moléculas contidas em um mol de qualquer substância é igual a $6,02 \times 10^{23}$ e recebeu o nome de número de Avogadro.

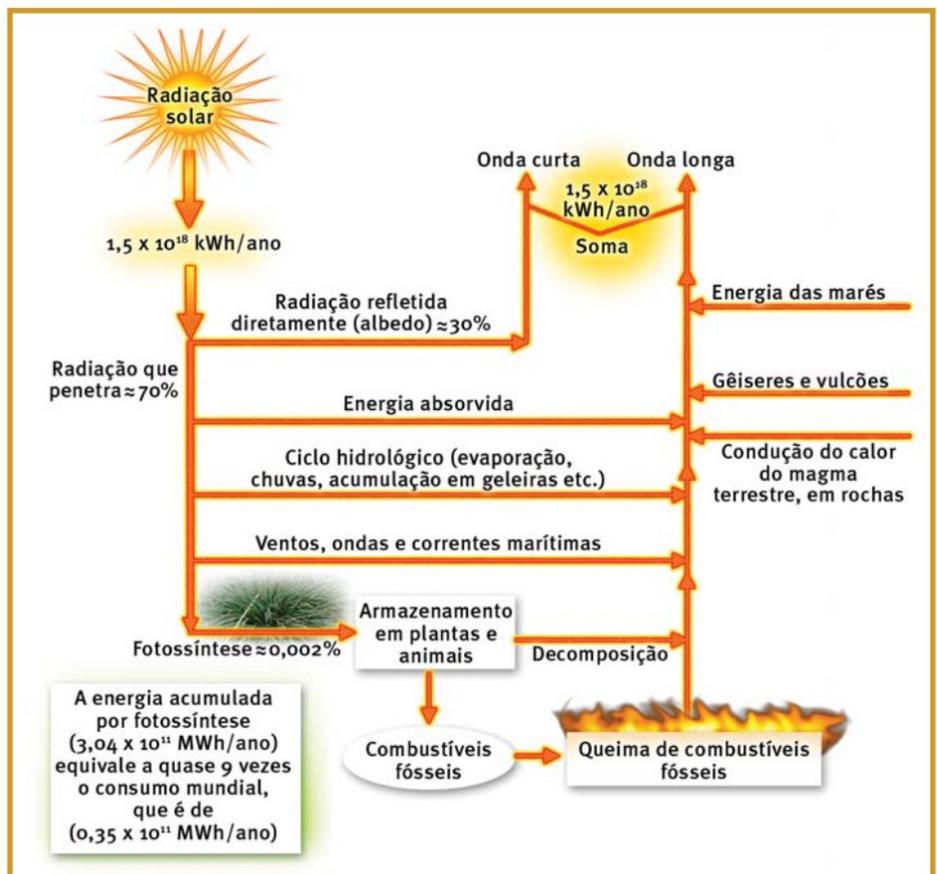
A energia absorvida durante a fotossíntese vem de uma faixa que abrange cerca de metade do espectro solar completo e apresenta comprimento de onda médio em torno de 0,68 micrômetros (um μm equivale a um milionésimo do metro), ou $6,8 \times 10^{-7}$ m, o que corresponde à região vermelha da luz visível. Tendo esse valor é possível calcular a energia de um fóton, diretamente proporcional à frequência da radiação de que faz parte. Essa ener-

gia (E) é obtida multiplicando-se a frequência da radiação (ν) por uma constante invariável de proporcionalidade, a constante de Planck (h), cujo valor é $6,63 \times 10^{-34}$ joules-segundo. Para obter a frequência, basta dividir a velocidade da luz (c), de 300 milhões de m/s (3×10^8 m/s), pelo comprimento de onda (λ) dado acima.

A lei da equivalência fotoquímica, do físico alemão Albert Einstein (1879-1955), diz que cada fóton (ou *quantum* de luz) absorvido excita uma molécula. Assim, para reduzir (na reação de redução, ocorre ganho de elétrons) um mol de CO₂ e sintetizar um mol de CH₂O, é absorvido um mol-*quantum* de energia, ou seja, $N \cdot h\nu$ (ou $N \cdot hc/\lambda$), onde N é o número de Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$). O resultado final (a quantidade de matéria sintetizada ou o número de moléculas transformadas por mol-*quantum* absorvido) depende das reações que se seguem à excitação inicial.

Constata-se, por experiência, que para reduzir cada mol de CO₂ e sintetizar um mol de CH₂O, armazenando 112 kcal sob a forma de energia livre nas moléculas de carboidrato produzidas, são necessários, no mínimo, oito mol-*quanta* de luz visível. A energia correspondente pode ser calculada multiplicando-se oito (mol-*quanta*) por $6,02 \times 10^{23}$ (número de Avogadro), por $6,63 \times 10^{-34}$ (cons-

Figura 2. Diagrama do balanço da radiação solar incidente na Terra e reemitida pelo planeta



tante de Planck) e por $3 \times 10^8 / 6,8 \times 10^{-7}$ (velocidade da luz/comprimento de onda). O resultado é $140,8 \times 10^4$ joules, que equivalem a 336 quilocalorias (kcal).

Em outras palavras, uma variação de energia livre de 112 kcal, correspondente à redução de cada mol de CO_2 da atmosfera para a síntese de CH_2O , absorve 336 kcal. Isso significa que, na escala molecular, e no que diz respeito à absorção dos *quanta* de luz, a eficiência termodinâmica líquida da fotossíntese é de 112/336, o que é igual a 0,33 (ou seja, 33%).

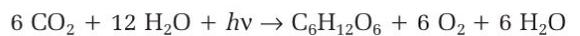
A fotossíntese se subdivide em duas etapas muito complexas, e sua eficiência é influenciada pelas reações intermediárias que compõem todo o processo. A primeira etapa, extremamente rápida, é chamada de fase fotoquímica, luminosa ou de fixação dos fótons. A segunda, lenta, é chamada de fase enzimática, obscura ou de redução do dióxido de carbono e síntese da matéria orgânica.

As reações de fotossíntese têm lugar nos cloroplastos, corpúsculos em forma de disco que contêm a clorofila e outros pigmentos associados ao processo. Nas plantas superiores, os cloroplastos têm de 4 a $8\mu\text{m}$ de diâmetro por $1\mu\text{m}$ de espessura. Cada cloroplasto compõe-se de corpos granulados com diâmetro entre 0,3 e $0,5\mu\text{m}$. Essas dimensões devem influir na absorção luminosa, o que significa que a eficiência da fotossíntese talvez possa ser melhorada por manipulações genéticas.

Na folhagem das plantas, porém, ocorrem perdas diretas da energia incidente, por reflexão e transmissão, e perdas indiretas por evaporação e por transferência de calor entre a planta e o ar. Também há perdas no transporte dos compostos fotossintetizados, assim como na respiração, processo em que a energia armazenada na fotossíntese

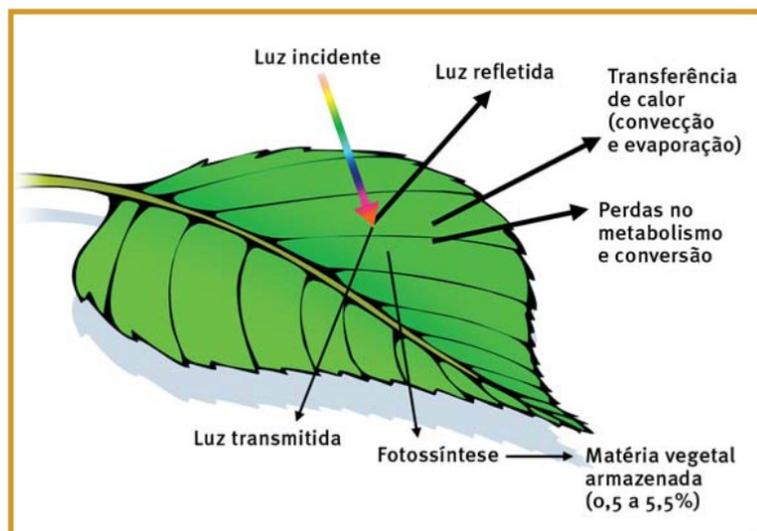
se é usada em reações metabólicas, tendo como subprodutos CO_2 e H_2O (figura 3).

Os compostos orgânicos produzidos na fotossíntese são basicamente açúcares (carboidratos) com seis átomos de carbono (de fórmula $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, como glicose, frutose, galactose e manose) e com poder calorífico da ordem de 3,6 mil kcal/kg (matéria seca), armazenados na forma de polímeros (longas cadeias desses carboidratos básicos) como a celulose, as hemiceluloses, a lignina e o amido. Esses compostos podem ser convertidos, através de diversos processos, em combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Para obter uma unidade de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, porém, são necessárias seis unidades de CH_2O – portanto, a reação completa da fotossíntese deve ser modelada da seguinte forma:



A faixa do espectro solar aproveitável para a fotossíntese corresponde a cerca de 50% da radiação que consegue chegar às folhas das plantas. Além disso, a reflexão na superfície das folhas, as perdas durante a absorção e o gasto para a transmissão da radiação no tecido vegetal reduzem o aproveitamento em cerca de 30% (com isso, restam 35% do total que incidiu nas folhas). A evaporação de moléculas de água presentes no tecido vegetal também retira calor da planta (o necessário para cada molécula se desprender do meio líquido), provocando outra perda (de 25%) e reduzindo a energia disponível para 24,5% da inicial. Mais uma perda, da ordem de 72% da energia disponível, acontece durante seu emprego no metabolismo da planta (respiração, síntese de outros compostos e transporte interno), o que reduz a ‘sobra’ para 6,9% da energia inicial. Ao final, computadas outras perdas (que dependem da espécie vegetal), a quantidade efetivamente armazenada, como energia química, na biomassa vegetal fica entre 0,5% e 5,5% da energia que incidiu sobre as folhas – essa é a eficiência final da fotossíntese. Ainda assim é significativa a quantidade de energia que se pode extrair de determinados vegetais.

Figura 3. A eficiência final da fotossíntese é dada pela diferença entre a energia incidente na superfície das folhas e a energia de fato presente na matéria vegetal armazenada



Plantações de energia

Essa capacidade de armazenar a energia recebida do Sol faz das plantas uma fonte energética virtualmente inesgotável. Surge daí a idéia de ‘plantações de energia’, ou seja, culturas de espécies vegetais que possam servir, direta ou indiretamente, como fonte de energia. E o Brasil é um dos países com maior potencial para esse tipo de plan-

tação, por ter uma grande extensão territorial e condições climáticas muito favoráveis.

A energia armazenada dessa maneira é renovável e pode ser utilizada no momento oportuno. Além disso, as plantações de energia oferecem outras vantagens:

- Podem ser implantadas em larga escala, com tecnologia já dominada, em áreas descentralizadas (por exemplo, o cerrado ou regiões degradadas), obedecendo a zoneamentos agroecológicos a serem elaborados em nível municipal, sob a orientação dos órgãos responsáveis pelo meio ambiente e pela pesquisa agrícola, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), a Agência Nacional de Águas (ANA), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e entidades estaduais e municipais correlatas.

- Não exigem grandes investimentos públicos, criam numerosos empregos na zona rural e não agredem o meio ambiente – ao contrário, contribuem para estabilizar as condições climáticas.

- Em muitos casos, as plantações de energia podem ser feitas nas proximidades dos locais de consumo, dispensando extensos e onerosos sistemas de transportes de combustíveis.

- Em princípio, a queima dos combustíveis vegetais não interfere no balanço de gás carbônico da atmosfera, pois as plantas consomem, em sua formação, através da fotossíntese, a mesma quantidade de CO₂ que irão liberar quando de sua utilização como combustível. Entretanto, é preciso cautela nesse aspecto, pois essa vantagem só prevalece se as plantações de energia forem adequadamente dimensionadas e obedecerem a manejos em que os ciclos de plantio e colheita garantam que as novas plantas, ao crescerem, absorvam a mesma quantidade de CO₂ que a emitida pela queima dos combustíveis produzidos nas safras anteriores. Deve-se levar em conta, ainda, que nas operações de plantio e manejo dessas culturas serão usadas tanto máquinas que consomem combustíveis fósseis quanto fertilizantes e pesticidas, todos derivados de petróleo.

Diversas espécies vegetais são apropriadas para as plantações de energia, que permitirão a produção de combustíveis como biomassa, álcool (etanol), biodiesel, metano e hidrogênio.

No caso da biomassa, obtida por processamento mecânico, podem ser citados o bagaço de cana-de-açúcar e a madeira (lenha ou lascas) de eucalipto, de pinheiros e de uma grande variedade de espécies florestais. O etanol, obtido por destilação, vem do sumo fermentado da cana-de-açúcar, do sorgo, da mandioca e de outras plantas, e ainda pode ser produzido a partir de resíduos (de culturas agrícola-



las e da indústria madeireira). O biodiesel, formado através do processo de transesterificação, tem como fonte qualquer óleo vegetal (o que inclui espécies como soja, dendê, milho, amendoim, algodão e tantas outras). Plantas como aguapé (figura 4) e jacinto d'água, resíduos agrícolas e até o lixo orgânico permitem a produção, por digestão anaeróbica (decomposição por bactérias, sem a presença de oxigênio), do gás metano. Finalmente, o hidrogênio pode ser obtido de algas verdes (por bioconversão), de resíduos da agricultura e da indústria madeireira (por pirólise e reforma química), e do próprio etanol (por reforma química).

A 'energia verde' é uma alternativa técnica e economicamente viável para a substituição gradativa dos combustíveis de origem fóssil, cuja utilização caminha para a exaustão, por força seja das crescentes dificuldades de exploração, seja dos graves problemas ambientais que provocam. O Brasil tem mais de 30 anos de experiência no uso do etanol em veículos movidos a álcool puro ou a misturas de álcool e gasolina, e uma longa história de aproveitamento da madeira como fonte de energia (na indústria de celulose e na siderurgia) e, na forma de carvão vegetal, como redutor (nesta última). No momento, diversas instituições oficiais investem no desenvolvimento de tecnologias agrícolas (para o cultivo de espécies adequadas) e de tecnologias industriais para a produção do biodiesel e para a otimização de motores para o uso desse combustível. ■

Figura 4. A biomassa do aguapé pode ser usada para a geração de energia

SUGESTÕES PARA LEITURA

- MATHIS, P. 'Les centres réationnels photosynthétiques', in *Clefs CEA (Revista do Commissariat à l'Énergie Atomique)*, nº 5, abril de 1987.
- BOARDMAN, N. K. and LARKUN, A. W. 'Biological conversion of solar energy', in *Solar Energy – Pergamon Press (Série de conferências realizadas na Universidade de Sydney, em 1974)*.
- DUMON, R. *La forêt – source d'énergie et d'activités nouvelles*. Masson, 1980.

Mosquitos



FOTOS CEDIIDAS PELOS AUTORES

A malária é uma das principais doenças endêmicas em áreas tropicais. Como ainda não existe uma vacina e as tentativas de controle do mosquito transmissor têm sido infrutíferas, a única opção para os infectados, hoje, está nos medicamentos contra o parasita causador da doença. Os cientistas, porém, já buscam outros caminhos, e um deles é o desenvolvimento de mosquitos geneticamente modificados, capazes de impedir que os protozoários responsáveis pela malária se instalem em seu organismo, o que interromperia o ciclo de transmissão. Esse tipo de pesquisa já está sendo feita no Brasil.

Flávia Guimarães Rodrigues (doutoranda)
e **Luciano Andrade Moreira**
Laboratório de Malária,
Centro de Pesquisas René Rachou, Fundação Oswaldo Cruz

transgênicos

Possível arma contra a malária

A malária, causada por protozoários do gênero *Plasmodium* (*P. falciparum*, *P. vivax* e *P. malariae*, na infecção humana, no Brasil), é uma doença milenar, relatada já na antiga China e no Império Romano. Hoje, a doença causa a morte de mais de 1 milhão de pessoas por ano no mundo, principalmente crianças de até cinco anos, e é típica de países tropicais de todos os continentes, mas o maior número de casos ocorre na África. No Brasil, foram registrados no ano passado quase 601 mil casos, com cerca de 80 mortes, sendo a grande maioria em estados da Amazônia, segundo o Ministério da Saúde (figura 1).

Os sintomas mais comuns da malária são febre, calafrios, vômitos, suor frio e dor de cabeça. A doença é transmitida para o homem por meio da picada da fêmea de mosquitos do gênero *Anopheles* infectados com o parasita. Apenas a fêmea desses mosquitos, chamados de vetores da doença, alimenta-se de sangue ▶



Figura 1. Casos de malária registrados em todo o Brasil, entre 1986 e 2005 – parte das alterações observadas de ano para ano pode ser atribuída a variações na cobertura do sistema de saúde (quanto ao diagnóstico da doença)

(necessário para a produção de seus ovos) – os machos consomem basicamente néctar de flores. Ao picar uma pessoa com malária, a fêmea suga, junto com o sangue, as formas do parasita chamadas de gametócitos, as quais evoluem dentro do intestino do inseto e geram outras formas (esporozoítas), que migram para suas glândulas salivares. Esse ciclo no interior do mosquito dura cerca de 15 dias, e as fêmeas que já contenham esporozoítas poderão transmitir a doença, através de sua saliva, ao picar uma pessoa sadia.

A transmissão é mais comum no interior das habitações de áreas rurais e semi-rurais, mas pode ocorrer em áreas urbanas, principalmente em locais periféricos, onde existam condições ambientais propícias às espécies de *Anopheles*, mais comuns em regiões silvestres. O risco de infecção é pequeno em áreas situadas a mais de 2 mil m de altitude, onde essas espécies raramente ocorrem. Na região amazônica, a principal espécie vetora é o *Anopheles darlingi*, que se reproduz em grandes corpos de água limpa (lagoas, represas, remansos de rios). Já na faixa litorânea predomina o *Anopheles aquasalis*, que se reproduz em água salobra. Outras espécies desse gênero, entre elas *A. albittarsis*, *A. deaneorum*, *A. cruzii* e *A. bellator*, também podem transmitir a doença. Tais mosquitos estão mais ativos à noite, do crepúsculo ao amanhecer, e geralmente picam as pessoas dentro das habitações. Nas cidades são mais comuns os mosquitos dos gêneros *Culex* (o pernilongo comum) e *Aedes* (o transmissor da dengue).

Ao picar uma pessoa sadia em busca de sangue, o mosquito infectado inocula os esporozoítas junto com a saliva. Essas formas circulam no sangue e, ao chegar ao fígado, invadem células do órgão, nas quais sofrem novas transformações e se

no sangue – esse fenômeno provoca as febres cíclicas da doença (a cada 48 a 72 horas, dependendo da espécie do parasita). Os merozoítas liberados passam a invadir outras hemácias, causando anemia e, eventualmente, a morte do indivíduo infectado (mais comum na infecção por *P. falciparum*).

O tratamento da malária é realizado com medicamentos destinados a eliminar os plasmódios, mas o surgimento de resistência a essas drogas, por parte dos parasitas, tem reduzido sua eficácia. O combate aos mosquitos vetores é feito com inseticidas, mas também já existem populações de mosquitos resistentes aos produtos aplicados. Além disso, muitos grupos de pesquisa, em todo o mundo, vêm tentando desenvolver uma vacina contra a malária, mas um produto eficiente ainda não está disponível. Tais fatos, associados ao crescimento desordenado de populações em áreas endêmicas, às migrações, aos desmatamentos e à falta de saneamento básico, vêm contribuindo para o aumento de casos de malária no Brasil.

Outra opção: mudar o mosquito

Em função de todos esses problemas, há mais de 20 anos cientistas imaginaram outro modo de reduzir a transmissão dessa doença: alterar geneticamente o mosquito para torná-lo um vetor menos eficiente. A idéia é inserir, no genoma do mosquito, um ou mais genes que determinem a produção, em seu organismo, de compostos (uma proteína, por exemplo) que impeçam o desenvolvimento do para-

FONTE: SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; MINISTÉRIO DA SAÚDE

sita da malária. Liberados na natureza, após rigorosos testes de segurança, os mosquitos transgênicos (ou geneticamente modificados, já que têm um ou mais genes de outras espécies) se disseminariam entre as populações silvestres desses insetos e, aos poucos, conteriam a transmissão da doença.

As tentativas realizadas por diferentes pesquisadores utilizaram várias técnicas de modificação genética, entre elas a de microinjeção em embriões, muito comum nos estudos com a mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*). Essa técnica emprega elementos de transposição (chamados de transposons) para 'carregar' as seqüências de DNA que se quer inserir no genoma do mosquito. Os transposons têm, como os vírus, a capacidade de se incorporar em determinados genomas e, com isso, fazer com que as células de seu 'hospedeiro' cumpram as tarefas determinadas pela seqüência introduzida. Ao se incorporar ao DNA de um organismo, eles (mesmo quando não carregam uma seqüência capaz de determinar alguma tarefa) podem interferir com a expressão de genes (aumentando, reduzindo ou até impedindo essa expres-

são). Para dar uma idéia da capacidade dos transposons, basta lembrar que cerca de 40% do genoma humano é composto por seqüências desses elementos, embora a grande maioria esteja inativa.

Na técnica da microinjeção, uma mistura de DNA é injetada, com uma agulha, no embrião do mosquito. Esse embrião é um ovo de mosquito recém-colocado pela fêmea, usado até duas horas após a postura. Os embriões são alinhados com ajuda de uma lupa e um pincel para que todos fiquem na mesma posição (os ovos têm uma parte anterior, que dará origem à cabeça da larva, e uma posterior, que se tornará a cauda) e depois transferidos para uma lâmina de microscópio contendo uma fita adesiva. Os ovos são grudados nessa fita e cobertos com óleo para que não ressequem, já que, na natureza, ovos de mosquitos ficam na água.

Com a ajuda de um microscópio mais potente, um microinjetor (equipamento que injeta ar sob alta pressão) é usado para lançar a mistura de DNA na parte posterior do embrião, pois a intenção é inserir a seqüência de DNA escolhida no material genético de células sexuais do inseto (figura 2). A ▶



Figura 2. Metodologia para microinjeção em mosquitos *Aedes fluviatilis* (vetor da malária em galinhas): na primeira etapa, as fêmeas realizam a postura forçada de ovos (A); na segunda, os ovos são coletados após 30 min (B) e alinhados com a ajuda de lupa (C); em seguida, é feita a microinjeção de seqüências de DNA nos embriões (D).

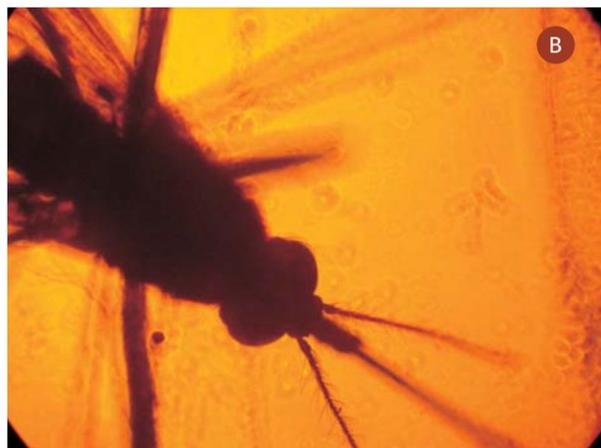
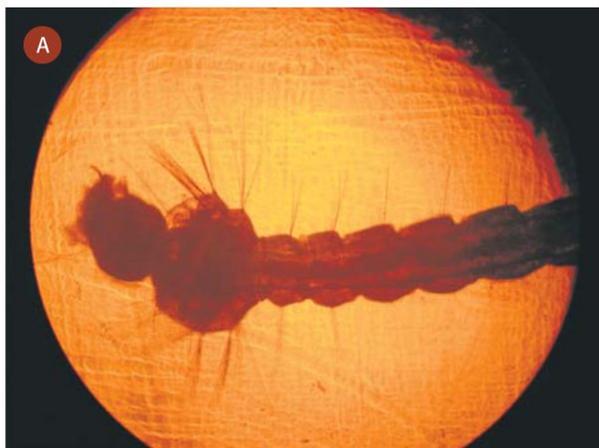


Figura 3. Os mosquitos transgênicos são identificados através de imagens, obtidas com microscópio de fluorescência (com aumento de 40 vezes), de larvas e mosquitos adultos (crias dos insetos que receberam a microinjeção de DNA): a larva (A) e o mosquito adulto (B) selvagens têm olhos normais, enquanto a larva (C) e o mosquito adulto (D) transgênicos exibem olhos verdes nesse microscópio.

seqüência precisa se incorporar a essas células para que o mosquito possa transferi-la aos seus descendentes – o que fará dele um inseto transgênico. Após a microinjeção os ovos são recolocados em água e espera-se cerca de três dias para o nascimento das larvas. Essas larvas ainda não são consideradas transgênicas, pois não se sabe se conseguirão passar o gene inserido para seus descendentes. Cerca de 10 dias depois as larvas tornam-se mosquitos adultos, machos ou fêmeas, e estes são cruzados com adultos (que não passaram pela microinjeção) da colônia mantida no laboratório.

Os ovos produzidos a partir dos acasalamentos originarão larvas que podem ou não ser transgênicas. Isso é verificado através de um ‘gene marcador’, inserido junto com o gene de interesse para o combate à malária. Esse segundo gene determina a produção de uma proteína fluorescente (conhecida pela sigla EGFP), e para verificar se ele está incorporado ao genoma da larva (o que indica que o gene de interesse também está lá) é usado outro microscópio, que emite luz fluorescente. Se uma larva apresentar olhos verdes e pontos verdes brilhantes em seu dorso, é transgênica. A olho nu e em um microscópio normal, porém, essas larvas são idênticas às outras.

É importante lembrar que esse evento não é freqüente. Em nossa pesquisa, no Laboratório de Malária do Centro de Pesquisas René Rachou, em Belo Horizonte (MG), chegamos a observar quase oito mil larvas para encontrar uma transgênica. Entre-

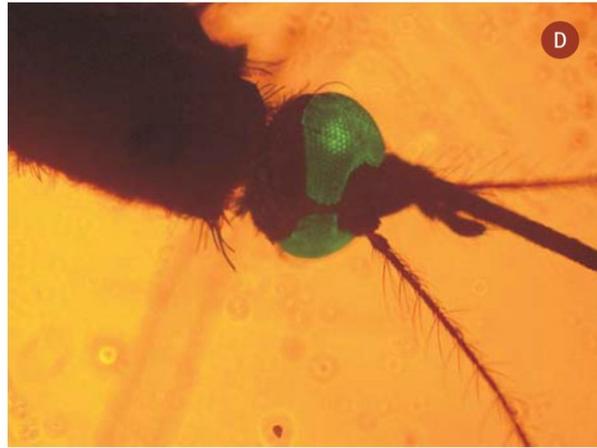
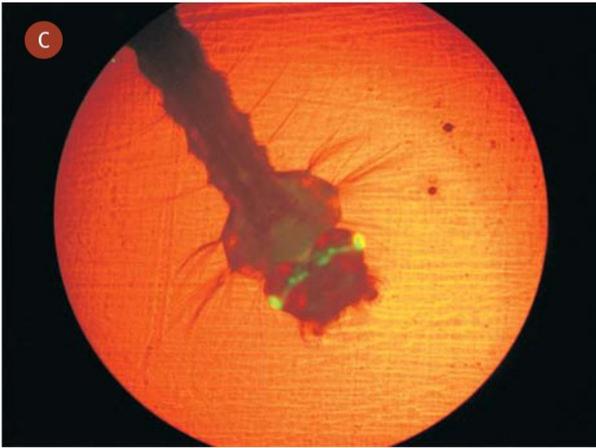
tanto, a partir do momento que uma larva transgênica é identificada, outras aparecem na mesma família, e o cruzamento desses adultos transgênicos com adultos da colônia permite estabelecer o que é chamado de linhagem transgênica, que se torna estável pelas gerações subseqüentes (figura 3).

Para tentar interromper o ciclo do parasita da malária dentro do mosquito, outro gene, chamado de gene de bloqueio, é inserido em seu genoma. Em nossa pesquisa utilizamos um gene que determina a produção de uma proteína, presente no veneno das abelhas e capaz de, como mostrou outro grupo de pesquisadores, bloquear o plasmódio quando este se encontra no intestino do mosquito. Esse gene é ligado, por técnicas laboratoriais, a seqüências de DNA do próprio mosquito relacionadas à produção das enzimas digestivas necessárias ao processamento do sangue que ele ingere, e essas seqüências são microinjetadas nos embriões.

Assim, quando a produção dessas enzimas for ativada no mosquito, a proteína de bloqueio também será produzida e lançada em seu intestino, impedindo o desenvolvimento do parasita da malária. Com isso, o plasmódio não conseguirá chegar às glândulas salivares do mosquito e este, teoricamente, não conseguirá transmiti-lo para um ser humano ou um animal.

Insetos transgênicos em estudo

Nosso grupo obteve, até o momento, quatro linhagens transgênicas de mosquitos, que estão sendo testadas para a verificação do grau de bloqueio do parasita da malária de galinhas (*Plasmodium gallinaceum*), já que a espécie de mosquito (*Aedes fluviatilis*) geneticamente transformada não permite



trabalhar com parasitas de humanos. Essa espécie foi utilizada porque é mais seguro trabalhar com um parasita que não afeta o ser humano. Além disso, é mais difícil criar em laboratório os mosquitos vetores da malária humana, que também são mais sensíveis à microinjeção. No entanto, nosso grupo já está iniciando pesquisas com o *Anopheles aquasalis*.

Nos testes de bloqueio realizados em nosso laboratório, mosquitos adultos (transgênicos e não transgênicos) em uma gaiola são alimentados com sangue de galinha infectada com malária. Após uma semana os insetos são separados e seus intestinos são retirados, contando-se o número de parasitas ali encontrados. A contagem é feita com base nos chamados oocistos, formados no intestino dos mosquitos quando os gametócitos do sangue ingerido evoluem para formas sexuais e ocorre a fertilização. Esses estudos ainda estão em andamento, e espera-se que os mosquitos que produzam a proteína de bloqueio (os transgênicos) tenham menos oocistos (parasitas) do que os selvagens.

As pesquisas para transformar geneticamente espécies de mosquitos vetores de malária humana exigem maior segurança no laboratório, já que existe o risco de transmissão da doença, se algum mosquito infectado escapar das gaiolas. Nosso grupo já obteve anofelinos transgênicos, e agora pretende testar o grau de bloqueio de plasmódios humanos nesses insetos. Para isso, os mosquitos serão alimentados com sangue de pessoas infectadas com malária, através de um alimentador artificial, onde os insetos precisam 'picar' uma membrana (como se fosse a pele humana) para obter o sangue. O conjunto é mantido a 37°C, temperatura semelhante à do corpo humano. A contagem dos oocistos seguirá a mesma metodologia adotada nos estudos já realizados.

A obtenção de mosquitos transgênicos ainda é um primeiro passo dentro da pesquisa maior, que

é multidisciplinar e envolverá entomologistas, ecológicos, estatísticos, epidemiologistas e agentes de saúde. Outros estudos, visando ao bloqueio de malária e dengue nos mosquitos transmissores, foram desenvolvidos em países da Europa e nos Estados Unidos, mas todos se mantiveram no nível de laboratório. No Brasil, esta é a primeira vez que mosquitos transmissores de malária são modificados geneticamente. A técnica é muito promissora, pois também permite estudar as interações entre o parasita e o vetor. Essa linha de pesquisa, uma vez implantada no país, poderá ser usada com vetores de outras doenças, como a dengue, ou mesmo a doença de Chagas, transmitida pelos percevejos conhecidos como barbeiros.

As pesquisas com mosquitos transgênicos estão sendo realizadas em laboratório e todos os cuidados são tomados para evitar que essas primeiras linhagens de insetos transgênicos sejam liberadas acidentalmente na natureza. Mesmo com os benefícios que eventualmente trariam para a população humana, esses mosquitos modificados só poderão ser soltos após diversos estudos que verifiquem se eles terão, no ambiente natural, o mesmo desempenho e a mesma capacidade de reprodução e sobrevivência que os indivíduos das populações silvestres, podendo competir com eles na busca de alimentação e abrigo e na geração de descendentes. O ideal seria que os transgênicos mostrassem alguma vantagem nessa concorrência, pois isso aumentaria a rapidez com que o gene de bloqueio se espalharia nessas populações.

Acreditamos que o desenvolvimento e a utilização de mosquitos transgênicos no combate à malária é uma alternativa que precisa ser explorada. Esses insetos não seriam empregados como um método isolado, mas em combinação com outras medidas de controle, como drogas contra o parasita, inseticidas e mesmo junto com uma vacina, quando esta estiver à disposição. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- MOREIRA, L. A.; GHOSH, A. K.; ABRAHAM, E. G.; JACOBS-LORENA, M. 'Genetic transformation of mosquitoes: a quest for malaria control', in *International Journal for Parasitology*, v. 32, p. 1.599, 2002.
- HANDLER, A. M. & JAMES, A. A. (eds.) *Insect transgenesis: methods and applications*, Boca Raton, CRC Press, 2000.

A madeira de pau-brasil, muito explorada no passado como fonte de corante vermelho, é ainda bastante procurada no Brasil, e principalmente no exterior, por causa de qualidades que a tornam ideal para a confecção de arcos usados para tocar instrumentos de corda. Entretanto, diferentes amostras de pau-brasil, nas mãos do mesmo artesão, resultam em arcos de qualidade diferente. Isso acontece porque a estrutura dessa madeira – a variação nas dimensões, na distribuição e na proporção de seus constituintes celulares – é importante na determinação de suas propriedades e, em consequência, na qualidade do arco.

Veronica Angyalossy

e **Erika Amano (doutoranda)**

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

Edenise Segala Alves

Seção de Anatomia, Instituto de Botânica,

Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

O pau-brasil e a

É difícil imaginar um mundo onde a madeira não esteja presente, uma vez que ela pode ser empregada das mais diversas formas. Pode ser queimada como lenha ou, no extremo oposto, ser empregada com fins artísticos. A madeira é, por exemplo, matéria-prima para confecção de diversos tipos de instrumentos musicais e de arcos para instrumentos de corda, como violinos, violoncelos e outros.

A madeira do pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) há muito vem sendo utilizada na fabricação de arcos para instrumentos de corda. No entanto, não se sabe ao certo por que diferentes amostras, mesmo manufaturadas pelo mesmo artesão, resultam em arcos de qualidade diferente. Será que essa variação decorre de diferenças na estrutura da madeira? Outras madeiras brasileiras também poderiam ser empregadas na confecção de arcos? Este artigo tenta esclarecer essas questões.

Algumas noções sobre o violino

Os compositores começaram a usar os instrumentos musicais para substituir as vozes humanas a partir da Renascença. Destacam-se, entre esses instrumentos, os de corda, como o violino, tocado quase sempre com o auxílio de um arco (figura 1). Além do violino, integram as orquestras o violoncelo, o contrabaixo, a viola e a viola-da-gamba, também acompanhados pelo arco. Outros instrumentos de cordas das orquestras são tocados com os dedos (harpa) ou por teclas (piano), e na música popular eles são incontáveis (violão, bandolim, cravo, cavaquinho e tantos outros).

A construção de um violino é bastante comple-



música

FOTO DE E. AMANO

xa, empregando diversas madeiras tradicionalmente conhecidas pela qualidade sonora. São importantes não só o tipo de madeira, mas também a maneira como a madeira é trabalhada, secada e envernizada. As marcas de violino mais cobiçadas são Stradivarius e Guarnerius. Essas marcas correspondem a violinos fabricados pelos artesãos italianos Antonio Stradivari (1644-1737) e Giuseppe Guarneri (1666-1740), que introduziram inovações nos instrumentos construídos em sua época, tanto no aspecto estético (seus violinos são de rara beleza) quanto no artístico (a qualidade do som é incomparável). Todo grande violinista almeja ter – ou tem – um violino Stradivarius, hoje quase inacessível devido ao alto preço (recentemente, um desses instrumentos foi vendido por cerca de US\$ 3,5 milhões). Acredita-se que existam atualmente cerca de 600 violinos Stradivarius espalhados pelo

mundo, dos quais apenas pouco mais de 90 estão em condições adequadas de uso.

Um pouco da história do arco

O arco moderno de violino é constituído por uma peça de madeira que apresenta uma curvatura para tensionar a crina (o conjunto de fios de crina de cavalo presos às extremidades dessa peça). As crinas são esticadas durante o uso do instrumento e afrouxadas depois, para manter a flexibilidade da madeira. A manufatura de arcos como arte especializada começou na oficina da família Tourte, na França, no século 18. Pouco se sabe sobre fabrican- ▶

Figura 1. Os arcos para violino de melhor qualidade são confeccionados com madeira de pau-brasil – as setas indicam a curvatura convexa da vareta do arco

tes anteriores: são raros os registros dos primórdios da história do arco e não se conhece sua origem precisa. Os registros mais antigos (do século 10) vêm das culturas árabe e bizantina.

A curvatura do arco, inicialmente, era côncava (como a dos arcos usados para lançar flechas). Mais tarde, a peça tornou-se retilínea e finalmente, por volta de 1770, chegou ao formato convexo atual. O arquiteiro François Tourte (1747-1835) criou esse formato vergando a madeira para que a barriga da curva do arco ficasse voltada para a crina, ao contrário do que se usava na época. Tourte, além de alterar a forma, o que deu maior flexibilidade ao arco e revolucionou a técnica do instrumento, determinou seu comprimento ideal: entre 73,3 e 75 cm. François e seu irmão Xavier também estabeleceram o pau-brasil como a madeira ideal para a confecção de arcos de alta qualidade. Antes, eram utilizadas madeiras de diferentes espécies tropicais.

Embora os arcos de instrumentos de corda não produzam som, as propriedades vibracionais da madeira são importantes na determinação de sua

qualidade. Arcos considerados de boa qualidade são os que absorvem menos energia – em outras palavras, os que transferem mais energia para as cordas, tornando mais fácil para o músico obter o som desejado e controlar os próprios movimentos.

O arco é a ‘alma’ dos instrumentos que o utilizam. As variações sonoras e a dinâmica musical desses instrumentos estão intimamente relacionadas ao arco, dependendo do tipo de madeira de que é feito e da forma como é conduzido pelo músico. É claro que a precisão dos movimentos da outra mão do músico, no braço do instrumento, também é essencial.

Valioso no passado e no presente

O pau-brasil (figura 2) é uma árvore da família Leguminosae, que integra o grande grupo das angiospermas, ou seja, vegetais que produzem fruto. Registros históricos revelam que, na época do Descobrimento do Brasil, a espécie era abundante em muitas regiões da costa. Hoje, porém, restam poucos remanescentes naturais.

Na época colonial, um número incalculável de árvores de pau-brasil foi abatido e enviado para a Europa. Naquela época, essa madeira era muito valiosa porque de seu cerne (região mais interna do tronco) era extraída a brasilina ($C_{16}H_{14}O_5$), substância que, após oxidação, fornece a brasileína ($C_{16}H_{12}O_5$), corante vermelho natural usado para tingir tecidos (figura 3). Como a cor vermelha estava relacionada à nobreza e ao poder, era intensa a demanda por corantes vermelhos de boa qualidade. Isso fez com que o pau-brasil fosse intensamente explorado entre os séculos 16 e 19, quando corantes sintéticos substituíram a brasileína.

Natural das florestas estacionais litorâneas, que integram a mata atlântica, o pau-brasil era encontrado, na época do Descobrimento, desde o Rio de Janeiro até o Rio Grande do Norte. Atualmente, restam poucos remanescentes naturais. Mesmo sendo definida como espécie em perigo de extinção em portaria (006, de 1992) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, a árvore ainda é alvo de comércio ilegal e vítima da destruição contínua da mata atlântica. Embora só possa ser derrubada em casos especiais, com autorização prévia, a extração ilegal

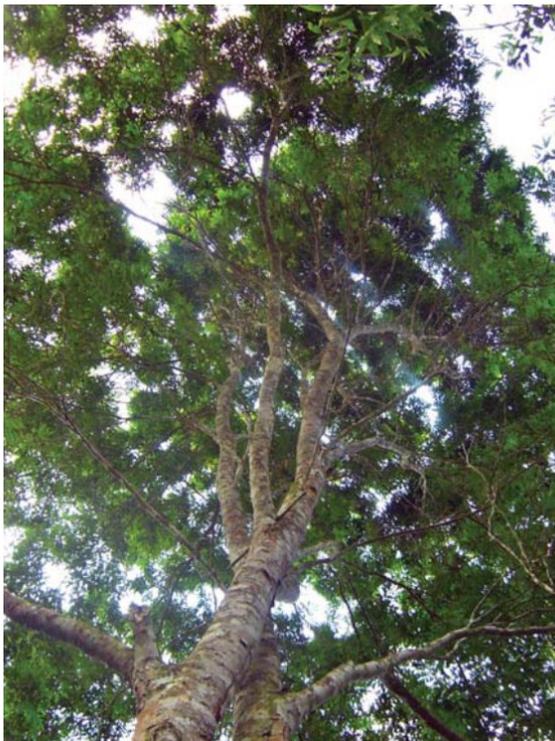


Figura 2. O pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) é uma espécie da mata atlântica – nas imagens, aspecto da árvore e suas flores e frutos

FOTOS DE E. AMANO

FOTOS DE E. AMANO

continua, já que há forte demanda da madeira por parte de produtores de arcos e instrumentos musicais. Essa procura deve-se às suas características únicas de ressonância, densidade, durabilidade e beleza, além da extensão da curvatura, do peso, da espessura e de precisas qualidades tonais, que a tornam ideal para a confecção de arcos para violino e outros instrumentos.

As ameaças ao pau-brasil levaram a esforços de proteção, realizados por entidades internacionais, e a pesquisas científicas, desenvolvidas em São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia, visando garantir a sobrevivência da espécie.

A versatilidade da madeira

A adequação de uma madeira a uma determinada aplicação depende de suas propriedades, como densidade, dureza, cor, desenho, odor, trabalhabilidade (facilidade para ser processada) e outras. Tais propriedades, em última análise, decorrem do arranjo, do tipo e da proporção das células que a compõem, além da presença ou não de diferentes substâncias químicas, denominadas extrativos, secretadas pelas próprias células (óleos, resinas e outros). Conhecer a estrutura da madeira e seus extrativos permite deduzir os potenciais usos da mesma.

Em termos anatômicos, a madeira é um conjunto heterogêneo de tipos celulares com propriedades específicas para exercer funções como condução de água, sais minerais e hormônios (a seiva ascendente) da raiz até a copa; armazenamento e transporte de substâncias nutritivas, resultantes da fotossíntese; e sustentação do próprio vegetal. Os termos xilema secundário e lenho são sinônimos de madeira.

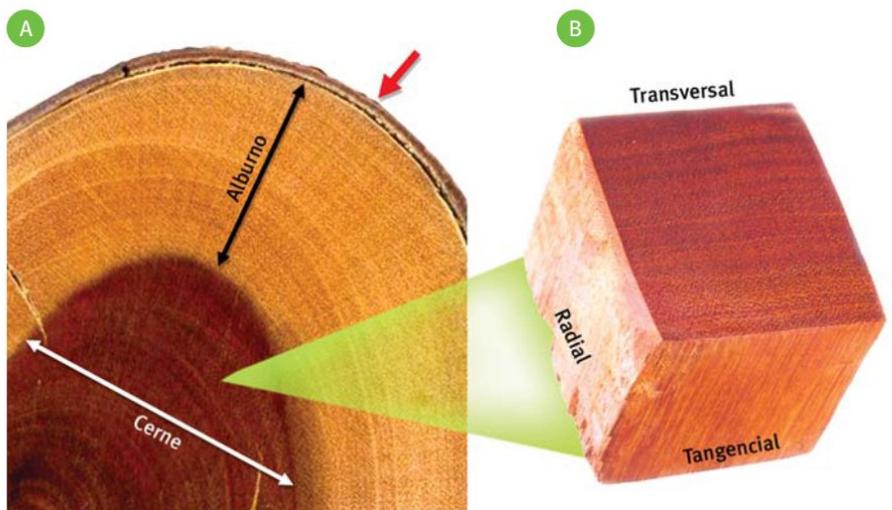
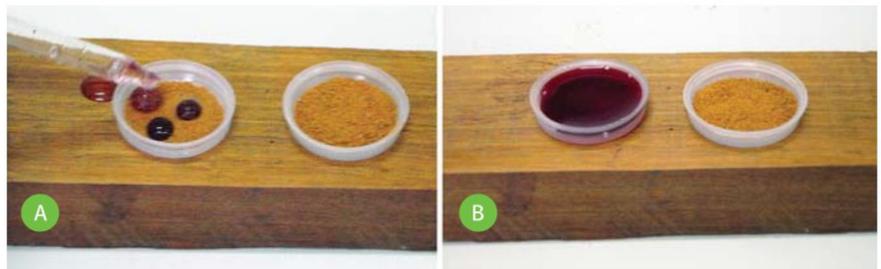
A madeira divide-se em duas porções: o alburno e o cerne. O alburno, situado próximo da casca, é a porção funcional quando a árvore está em pé: através dele se dá a condução da seiva. No cerne, essa função já foi perdida, e ali são depositados os extrativos, nas paredes e no inte-

rior das células condutoras. São os extrativos que, em geral, conferem ao cerne uma coloração diferenciada em relação ao alburno e muitas vezes aumentam a durabilidade natural da madeira. No pau-brasil, essa diferença de cor entre as duas partes da madeira é bem evidente, mas em muitas espécies ela não existe.

Como os troncos são cilíndricos, a madeira tem três planos de corte (figura 4): um transversal (perpendicular ao eixo do tronco) e dois longitudinais (no mesmo sentido desse eixo): o tangencial e o radial. As madeiras das árvores do grupo das angiospermas – a imensa maioria das espécies lenhosas de regiões tropicais – têm células que compõem estruturas como vasos, parênquima axial, raios e fibras.

Os vasos, que conduzem a seiva nas angiospermas e distribuem-se ao longo do tronco, são formados por células sobrepostas, com paredes lignificadas (a lignina é uma substância que dá rigidez às células vegetais) e extremidades perfuradas. A quantidade, o tamanho e a disposição dos vasos desempenham papel importante na determinação das propriedades da madeira. As células do parênquima axial, situadas junto aos vasos, têm como função principal armazenar substâncias nutritivas, na forma de amido. Tais células são menores e têm paredes mais finas que as dos vasos. Já os raios (ou

Figura 3. A serragem da madeira de pau-brasil, quando em contato com água alcalina, torna-se de cor rosa-violácea (A), que escurece para vermelho vivo (B), devido à oxidação da brasilina e liberação da brasileína



FOTOS DE V. ANGALOSSY

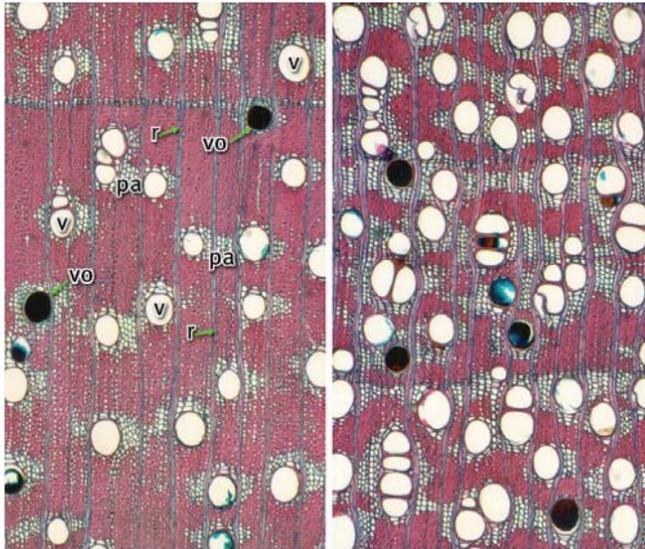


Figura 5. As imagens (obtidas em microscópio) de superfícies transversais de duas amostras de madeiras de pau-brasil, coradas em vermelho, revelam as variações, de uma para outra, no diâmetro e frequência dos vasos que transportam a seiva (v) e na abundância do parênquima axial, em cinza (pa) – alguns vasos estão obstruídos por extrativos (vo) e as áreas em vermelho correspondem às fibras

parênquima radial), que se estendem da casca até a região central do tronco, atuam na condução de nutrientes no sentido transversal e em seu armazenamento. Madeiras com muito parênquima axial ou radial são em geral leves e têm baixa resistência mecânica e pouca durabilidade natural. As fibras, por sua vez, distribuem-se ao longo do tronco e atuam em sua sustentação. Suas células, em forma de fuso, têm extremidades afiladas e paredes de espessura variável. Normalmente, madeiras pesadas têm fibras com paredes muito espessas, enquanto nas madeiras leves as paredes dessas células são mais finas.

As espécies lenhosas tropicais apresentam uma infinidade de padrões e, em conseqüência, fornecem variados tipos de madeira, com diversas aplicações. Algumas madeiras, no entanto, têm propriedades tão específicas para determinadas apli-

cações e seu uso está tão consagrado que há enorme resistência à sua substituição. Elas continuam a ser usadas, independentemente do custo ou da dificuldade de obtenção. Nesse caso enquadra-se a madeira do pau-brasil, tradicionalmente empregada na produção de arcos de instrumentos de corda.

Por que o pau-brasil?

Um fato interessante é que arcos feitos pelo mesmo arquiteiro, com diferentes amostras de pau-brasil, exibem qualidades distintas. Por isso podem ser encontrados, no mercado especializado, desde arcos de pau-brasil de alta qualidade, mais caros, destinados a músicos gabaritados, até arcos de baixo custo, utilizados por amadores e estudantes. Alguns trabalhos científicos apontam que a quantidade de extrativos presentes no cerne interfere significativamente na qualidade do arco.

Os principais extrativos encontrados no pau-brasil são a brasilina, já citada, e a protosapanina B. Esta corresponde a 40% da quantidade total dessas substâncias. Pesquisas já demonstraram que tais extrativos afetam as propriedades vibracionais da madeira. Segundo seus autores, o pau-brasil apresenta, em comparação com outras madeiras, o menor valor de decaimento vibracional – um arco com baixo decaimento vibracional absorve menos vibrações quando a corda do instrumento é friccionada e permite ao músico ‘sentir’ a fricção da crina com a corda, facilitando o seu manuseio. Os baixos valores de decaimento vibracional do pau-brasil, segundo estudos, podem decorrer da grande quantidade de brasilina e protosapanina B nele presentes.

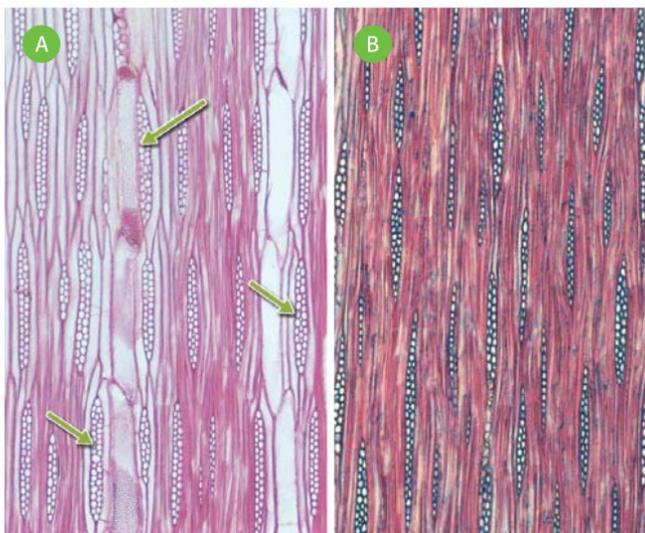


Figura 6. As imagens (obtidas em microscópio) de superfícies longitudinais tangenciais de duas amostras de madeiras de pau-brasil, coradas em vermelho, revelam como o padrão de organização se altera: em A, os raios (indicados pelas setas) e outros elementos estão dispostos em estratos; em B, essa organização é irregular

No caso do arco de pau-brasil, acredita-se também que variações na própria estrutura da madeira desempenhem papel fundamental. Seguindo esse raciocínio, a análise comparativa da madeira de diferentes amostras de pau-brasil pode ajudar a esclarecer o porquê das variações na qualidade dos arcos.

A madeira do pau-brasil

Para avaliar as variações estruturais entre madeiras de pau-brasil de diferentes origens, comparamos sete amostras (com cerca de 1 cm³) obtidas no ambiente natural e em xilotecas (coleções de madeiras identificadas e registradas). As quatro amostras de árvores vivas foram coletadas de modo não-destrutivo, retirando-se pequenos pedaços do tronco a 1,3 m do solo, na Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu (São Paulo) e em Porto Seguro (Bahia). As amostras foram amolecidas por cozimento em água e cortadas com um aparelho capaz de obter 'fatias' muito finas. Algumas, depois de descoloridas com água sanitária, receberam corantes que facilitam a observação das células, e outras foram mantidas com a cor natural. A observação dessas seções em microscópio permitiu visualizar detalhes da anatomia da madeira (vasos, parênquima axial, raios e fibras). O estudo foi desenvolvido com o apoio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo.

A propriedade física mais importante da madeira é a densidade, que pode afetar inclusive outras propriedades. Altas densidades estão relacionadas à baixa frequência dos vasos que transportam a seiva. A frequência, o diâmetro e o conteúdo (entre eles os extrativos) dos vasos determinam variações na quantidade de espaços vazios na madeira e, portanto, em sua densidade (figura 5). A quantidade de células do parênquima axial e seu padrão de distribuição também interferem na densidade e em outras propriedades da madeira, como a durabilidade. A madeira de pau-brasil de melhor qualidade para a fabricação de arcos de violino precisa ter, comparativamente, menor frequência de vasos e menor quantidade de parênquima axial.

A estratificação das células também é diferente nas amostras dessa madeira: em algumas os raios organizam-se em camadas horizontais (estratos) regulares e em outras há irregularidades (figura 6). A estratificação confere à madeira um aspecto

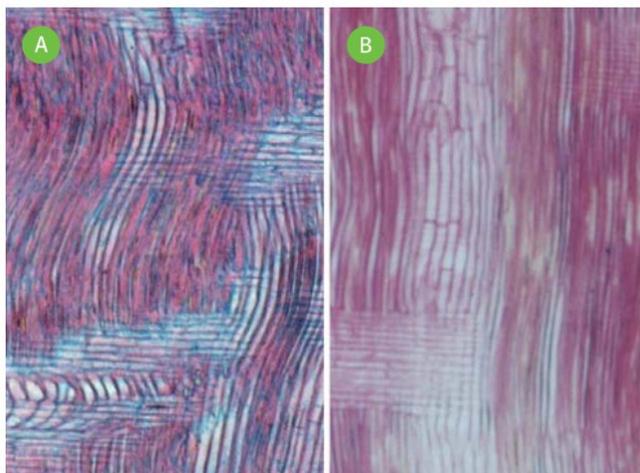


Figura 7. As imagens (obtidas em microscópio) de superfícies longitudinais radiais de duas amostras de madeiras de pau-brasil, coradas em vermelho, exibem a variação na orientação das células axiais (vasos, parênquima axial e fibras), formando uma grã ondulada (A) e uma grã linheira ou regular (B), em que a orientação dessas células é retilínea

homogêneo, o que sugere que sua presença favoreça a qualidade do arco.

Quando as fibras, os vasos e o parênquima axial são retilíneos, com orientação paralela ao eixo do tronco, diz-se que a madeira tem grã linheira, direita ou regular (figura 7). Se esses elementos não mantêm essa orientação, a grã é dita irregular ou ondulada (figura 8). A grã afeta significativamente a velocidade de propagação das ondas sonoras na madeira, influenciando suas propriedades de ressonância. São evidentes, nas amostras, variações na grã. Em algumas, os constituintes verticais do lenho, em especial as fibras e o parênquima axial, estão dispostos de forma retilínea em relação ao



Figura 8. Cerne de grumixava (*Micropholis gardnerianum*), árvore da família Sapotaceae, que apresenta grã irregular, indicada pelas ondulações na peça de madeira – a grumixava é a madeira alternativa para uso em fundos de instrumentos de arco, em substituição ao plátano (*Acer pseudoplatanus* ou *Acer platanoides*), madeira de região temperada usada para tal finalidade



Figura 9. Aspecto de várias madeiras – o pau-brasil e possíveis alternativas a este na confecção de arcos para instrumentos – em corte longitudinal: pau-brasil (*Caesalpinia echinata* – A), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* – B), gombeira (*Swartzia aptera* – C), pau-santo (*Zollernia paraensis* – D), pau-cobra (*Brosimum guianense* – E), pau-rainha (*Brosimum rubescens* – F) e maçaranduba (*Manilkara elata* – G)

FOTOS DE E. AMANO

eixo do tronco; em outras a distribuição é irregular. A madeira usada em um arco de violino de ótima qualidade deve apresentar grã direita.

Outra característica de interesse é a quantidade, na madeira, de cristais prismáticos – depósitos, em especial de oxalato de cálcio, encontrados principalmente em células parenquimáticas. Esses cristais afetam a trabalhabilidade das madeiras, dificultando seu processamento devido ao efeito abrasivo que exercem nos dentes das serras e em outros equipamentos. Em diferentes amostras de pau-brasil também é observada grande variação na quantidade desses cristais.

Arcos de outras madeiras

Como é grande a variedade de madeiras disponíveis no mercado brasileiro, outras espécies vêm sendo testadas para a fabricação de arcos. Entre elas destacam-se (figura 9) leguminosas como pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*), gombeira (*Swartzia aptera*) e pau-santo (*Zollernia paraensis*); moráceas como pau-cobra (*Brosimum guianense*) e pau-rainha (*Brosimum rubescens*); e sapotáceas como a maçaranduba (*Manilkara elata*).

Encontrar a madeira ideal para a confecção de arcos de violino depende de uma avaliação baseada em cinco parâmetros: 1. trabalhabilidade; 2. orientação do corte; 3. textura do conjunto dos elementos celulares axiais e grã; 4. tamanho e posição dos defeitos da madeira (nós, microtrincas, pequenos orifícios feitos por brocas, cupins e outros organismos); e 5. dureza (teste geralmente rea-

lizado pelo arqueteiro de forma manual). Levando-se em conta esses aspectos, as madeiras consideradas de alta qualidade ('ouro') devem ser duras (o que depende principalmente da quantidade e disposição das diferentes células), cortadas no sentido radial do caule, sem defeitos e com grã linear ou regular. As de qualidade inferior ('prata' e 'bronze') têm exigências menores quanto a esses parâmetros.

Apenas esses parâmetros, porém, não são suficientes para eleger uma madeira como substituta do pau-brasil. É preciso considerar a densidade e as características anatômicas das espécies alternativas. Essas madeiras (o pau-brasil e as seis citadas) apresentam densidade próxima ou maior que 1 g/cm³. A densidade está diretamente relacionada à quantidade de celulose presente na madeira, e seu valor máximo é 1,5 g/cm³ (equivalente à densidade da celulose). A densidade e outras propriedades físicas e mecânicas da madeira são determinadas pela associação de certas características anatômicas, como vasos de pequeno diâmetro, fibras de paredes espessas a muito espessas, raios compactados com poucas células de largura e deposição de óleo-resina no interior das células (principalmente nos vasos). Todas as espécies indicadas como substitutas do pau-brasil apresentam tais características.

Apenas com base na estrutura anatômica, porém, não é possível determinar se amostras dessas madeiras (inclusive a do pau-brasil) fornecerão arcos de qualidade maior ou menor, já que outros fatores interferem no produto final. Entre esses fatores estão os tipos e a quantidade dos extrativos, o teor de lignina e características próprias da parede das células. No entanto, as diferenças nos vasos, no parênquima e na orientação de fibras e raios, além da quantidade de cristais, devem ser avaliadas quando se busca responder por que a qualidade do arco varia para diferentes amostras da mesma madeira. Deve-se considerar ainda a sensibilidade, a experiência e a 'arte' do arqueteiro. Sua capacidade de aproveitar ao máximo o potencial do material que utiliza tem um importante papel na transformação da madeira bruta em arcos com beleza e qualidade. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- ANGYALOSSY, V.; AMANO, E. & ALVES, E. S. 'Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de corda: aspectos anatômicos', in *Acta Botanica Brasílica*, v. 19(4), p. 819, 2005 (disponível na página www.scielo.br).
- BUENO, E. *Pau-brasil*. São Paulo, Axis Mundi Editora, 2002.
- ROCHA, Y. T.; GIUDICE Neto, J.; ALVES, E. S.; BARBEDO, C. J.; DOMINGOS, M. & RIBEIRO, R. C. L. F. 'Pau-brasil: conhecer para preservar', in *Ciência Hoje*, v. 38, nº 226, p. 22, 2006.
- PROJETO PAU-BRASIL – Pau-brasil virtual (www.paubrasilvirtual.bio.br).

Ameaça gaúcha

O Brasil, que tem cerca de 600 mil portadores da síndrome da imunodeficiência adquirida (Aids), acaba de dar mais um passo no entendimento da doença. Um novo recombinante do HIV (uma variante formada pela combinação de tipos diferentes do vírus que causa a doença) – foi descoberto no Rio Grande do Sul. Resultado da tese de mestrado do geneticista André Felipe dos Santos, a caracterização do recombinante ajudará a entender por que e como certos subtipos do vírus apresentam vantagens biológicas, que fazem com que prevaleçam na população.

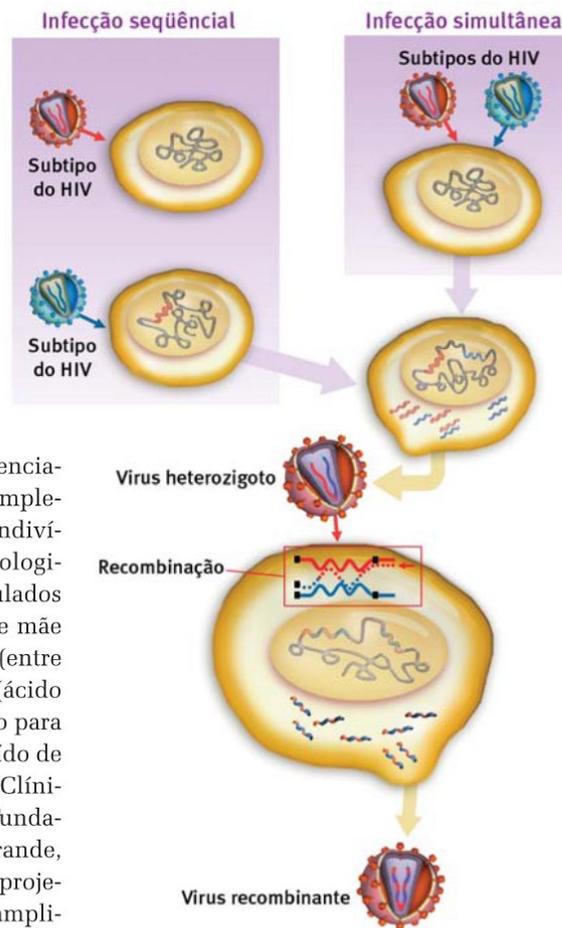
O HIV apresenta nove subtipos (variantes genéticas) capazes de se recombinarem, formando os chamados vírus mosaicos intersubtipicos. Essas formas recombinantes podem ser encontradas em uma única pessoa (recombinante único) ou podem disseminar-se na população (recombinante circulante). Ao todo, existem no mundo 34 recombinantes circulantes descritos, dois dos quais presentes no Brasil.

O trabalho, desenvolvido no Laboratório de Virologia Humana da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), chefiado pelo geneticista Marcelo A. Soares, teve por objetivo investigar a existência de um novo recombinante circulante, chamado CRF_BC, na população do Rio Grande do Sul, terceiro estado do país com maior número de casos relatados de Aids. “O subtipo C prevalece mundialmente e 90% dos infectados na região Sul apresentam os subtipos B ou C” esclarece Santos. Os dados de acompanhamento do laboratório mos-

tram que, em 1986, 18% dos infectados dessa região apresentavam o subtipo C; em 2002, essa proporção subiu para cerca de 50%. Santos ressalta que a prevalência de dois subtipos propicia o aparecimento de recombinantes.

Para a caracterização do CRF_BC foi realizado, conforme exigem as regras internacionais, o seqüenciamento de três genomas completos de vírus presentes em indivíduos não ligados epidemiologicamente, ou seja, não vinculados por transmissão vertical (de mãe para filho) nem horizontal (entre parceiros sexuais). O RNA (ácido ribonucléico) viral utilizado para o seqüenciamento foi extraído de pacientes do Hospital das Clínicas de Porto Alegre e da Fundação Universitária de Rio Grande, convidados a participar do projeto. Partes desse RNA foram amplificadas de forma a identificar as regiões que sintetizam as enzimas virais – as mesmas regiões onde atuam os medicamentos do coquetel anti-HIV e onde costuma surgir a resistência ao tratamento.

Os resultados mostraram que o CRF_BC possui importância epidemiológica para o país, atingindo 7,5% dos infectados estudados. Segundo Santos, a forma como os recombinantes respondem ao tratamento ainda é pouco conhecida e o avanço nessa área é muito importante para países que, como o Brasil, começam a oferecer a terapia aos portadores de Aids. “Nosso laboratório busca avaliar a resposta ao tratamento para o subtipo C na região Sul,



e agora também olharemos com mais atenção o comportamento dessa nova variante, CRF_BC. Esse acompanhamento é de importância vital para o sucesso terapêutico dos pacientes”, diz o geneticista. A equipe do laboratório pretende avaliar a evolução do recombinante a médio e longo prazos, determinando se ele possui alguma vantagem sobre seus subtipos parentais B e C que faça com que se espalhe rapidamente pela população.

O aparecimento de formas recombinantes, que podem espalhar-se pela população, é maior quando há prevalência de dois subtipos do vírus

Mariana Ferraz
Ciência Hoje/RJ

A matemática do câncer

Realizar prognósticos mais confiáveis de neoplasias da mucosa oral com o auxílio da geometria fractal. Esse é objetivo em que se engajou um grupo interdisciplinar de pesquisa da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O que à primeira vista parece complicado teve uma motivação muito simples: o câncer bucal é, entre os diferentes tipos de tumor, um dos que apresenta maior dificuldade de diagnóstico (a identificação da doença) e prognóstico (a antecipação do seu desenvolvimento), pois estes se baseiam primordialmente na impressão visual de quem examina. “Esse caráter basicamente subjetivo acaba gerando discordâncias entre os médicos que avaliam os casos”, explica Gustavo Guandalini, da Faculdade de Medicina da UFPR e idealizador do projeto.

Atualmente os especialistas observam imagens tumorais (ob-

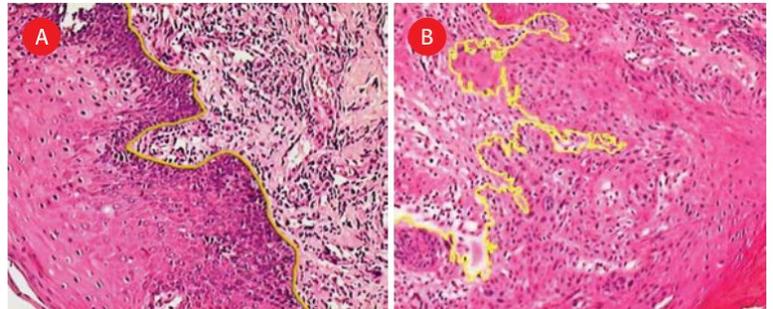


Figura 1. Em lâminas histológicas obtidas de biópsias da mucosa da boca, identifica-se o epitélio (tecido superficial da mucosa, mais corado, compacto e sem vasos) e o estroma (tecido situado sob o epitélio, menos corado, mais frouxo e com vasos). A linha traçada entre um e outro (A) representa a interface ('fronteira') entre eles. O tecido canceroso (B), cujo crescimento é infiltrativo, apresenta maior sinuosidade nessa fronteira

tidas por microscopia) de diversos pacientes e os graduam de acordo com as classificações disponíveis, as quais têm fundamentação essencialmente estatística (figura 1). Desse modo, decidem se uma neoplasia é benigna (aparentemente bem delimitada e

passível de extração cirúrgica) ou maligna, quando compromete os tecidos ao seu redor e pode facilmente evoluir com metástases. Embora a decisão seja essencial para o tratamento, pode haver opiniões divergentes. O grau de concordância – expresso pelo índice *kappa*, com valores que variam até o máximo de 1 – é de apenas 0,3 no câncer de boca. O ideal, portanto, seria contar com o apoio de uma ferramenta objetiva que, unida à experiência profissional, garantisse um grau de certeza mais elevado na interpretação das imagens, permitindo diagnósticos e prognósticos mais consistentes e individualizados.

É aí que entra a geometria fractal, capaz de medir a 'tortuosidade' da borda tumoral. O princípio é simples: quanto mais agressivo o câncer, mais infiltrativo será seu crescimento. Logo, a linha de 'fronteira' entre os tecidos ocupa o espaço mais densamente, pois, sendo mais rugosa, apresenta maior dimensão fractal (figura 2). Essa avaliação

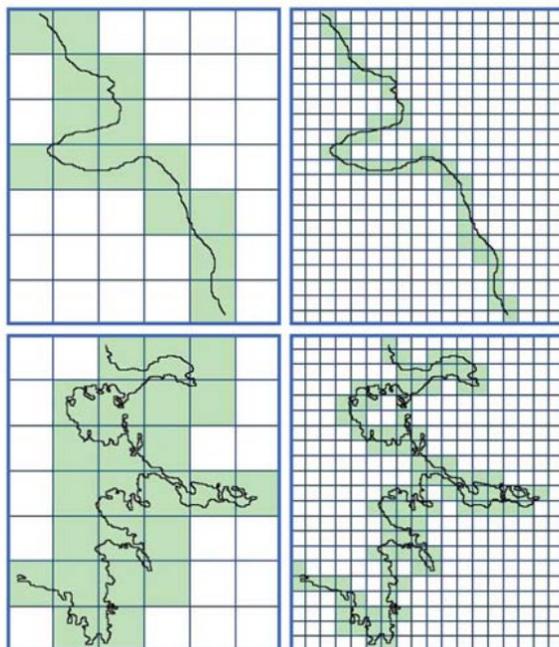


Figura 2. Representação do método de contagem de caixas. Cobre-se a imagem estudada (as 'fronteiras' vistas na figura 1) com grades de tamanhos distintos e contam-se quantas caixas apresentam ao menos um de seus pontos. A partir da variação do número de caixas para os diferentes lados, calcula-se a dimensão fractal. Quando o tamanho do lado das caixas é reduzido a um terço, a quantidade de caixas 'ocupadas' praticamente triplica no epitélio normal (acima), o que significa que sua dimensão é muito próxima de 1 (passa de 14 para 43). No câncer (abaixo), em que a 'fronteira' é mais tortuosa, o número de caixas aumenta além do triplo (passa de 24 para 100), ou seja, a dimensão fractal é maior

do processo de invasão local indica maior chance de a doença evoluir para um estágio mais grave.

Dimensão fractal e contagem de caixas

O conceito euclidiano [referente ao matemático grego Euclides, que viveu entre os anos 360 e 295 a.C.] de ‘dimensão’, embora intuitivo, pode ser expresso por uma equação matemática. Ao reduzir um segmento de reta à terça parte, precisamos de três dos novos segmentos para recompor o original. Já um quadrado é reconstruído por nove quadradinhos quando seu lado é reduzido em três vezes; e um cubo cuja aresta foi reduzida em um terço é formado por 27 dos novos cubinhos. Há, portanto, uma relação entre o fator de redução do lado (L) e o número de figuras necessárias para recompor a figura original (N), expressa pela dimensão (D): $N = L^D$.

O método de contagem de caixas é o mais utilizado para determinar a dimensão espacial. Sua aplicação consiste em cobrir a figura com uma malha quadriculada e contar em quantos quadradinhos ela está contida. Em seguida, por meio da equação que relaciona o número de caixas com a variação de seus lados, chega-se, por logaritmo, à dimensão da figura. A esponja de Menger [referente ao matemático austríaco Karl Menger (1902-1985)], exemplo clássico de objeto fractal tridimensional, tem dimensão espacial aproximada de 2,727 ($\log 20/\log 3$), pois, se a aresta do cubo for reduzida em três vezes, são necessários 20 cubinhos para reconstituí-lo (figura 3).

Ao cobrirmos uma curva pouco tortuosa (por exemplo, a ‘fronteira’ entre um epitélio normal e o tecido conjuntivo subjacente) com grades de tamanhos diferentes, o número de quadradinhos que contêm pontos da curva varia linearmente da grade maior

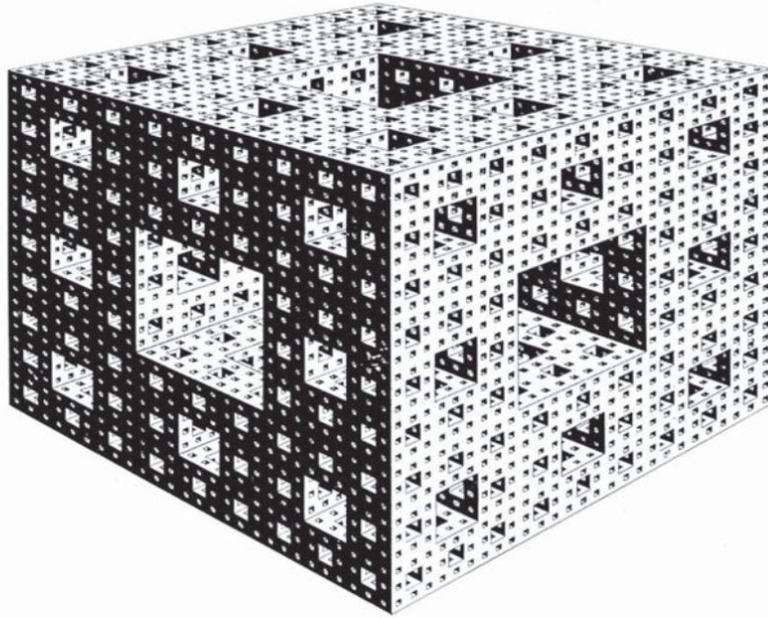


Figura 3. A esponja de Menger é um fractal construído a partir de um cubo, do qual são retirados os sete cubinhos centrais (nos lados e no meio) resultantes da redução da aresta à terça parte. Embora ocupe mais espaço que uma imagem bidimensional, seu volume tende a zero (com o aumento dos ‘buracos’), enquanto sua área tende ao infinito (com o aumento das superfícies, nos ‘buracos’). Por isso a dimensão está compreendida entre 2 e 3

para a menor – nesse caso, a dimensão é próxima de 1. Já uma curva muito sinuosa ocupa o espaço mais densamente, e se reduzimos a grade a um terço, o número de quadradinhos contados aumenta além do triplo, e nesse caso a dimensão é maior que 1.

Interdisciplinaridade

Segundo a matemática Elizabeth Wegner Karas, coordenadora do projeto, a participação de profissionais de diferentes áreas é essencial para o sucesso do trabalho. “Só assim é possível analisar os dados adequadamente.” Além de Karas e Guandalini, o grupo conta com a colaboração do engenheiro Celso Penteado Serra, responsável por elaborar os programas de computador que realizam a contagem de caixas.

Embora no Brasil e no exterior outros grupos se ocupem do mesmo tema, a equipe da UFPR é pioneira na análise de borda tu-

moral, com o objetivo não só de descrevê-la, mas também de entender o mecanismo da doença. O próximo passo será diferenciar o tecido são do tumoral por meio de uma coloração específica para a citoqueratina, substância expressa com abundância em cânceres bucais. “Graças a essa ferramenta imunistoquímica, que propicia imagens com mais contraste, pretendemos fazer um delineamento automático das linhas de interface”, diz Guandalini. Além da dimensão fractal, o grupo pretende utilizar também o conceito de ‘lacunaridade’, que diz respeito ao tamanho e à distribuição das ‘lacunas’ em imagens fractais. Com o auxílio dessa nova variável, a confiabilidade dos diagnósticos e prognósticos deverá ser ainda maior.

Gabriela Diniz

Especial para *Ciência Hoje*/PR

Cores preservadas

As orquídeas ameaçadas de extinção no país acabam de ganhar um aliado para sua conservação. O projeto Cores, uma parceria entre o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) e o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes), da Petrobras, começou os estudos para elaboração de um plano de ação com o objetivo de evitar o desaparecimento de nove espécies de orquídeas brasileiras, todas presentes na lista nacional de espécies ameaçadas de extinção.

Ao longo de três anos serão recolhidas informações socioambientais, ecológicas, reprodutivas e de distribuição geográfica das plantas em cinco estados brasi-

leiros – Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Bahia. Com esses dados, os pesquisadores envolvidos poderão definir quais ações são mais adequadas para a conservação de cada espécie.

Cláudio Nicoletti de Fraga, biólogo responsável pelo projeto, afirma que a metodologia para obtenção dos resultados depende de intenso trabalho de campo e de pesquisa nas bases de dados existentes – ambos já em andamento. “Para a avaliação socioambiental, serão entrevistados orquidófilos (amadores), orquidicultores (profissionais), mateiros moradores e proprietários de terras da região estudada. Já para o levantamento de informações

acerca da biologia das orquídeas são necessários estudos sobre as populações de cada espécie, os polinizadores envolvidos na reprodução, a dispersão das sementes e sua viabilidade”, explica.

Os resultados da primeira fase da pesquisa vão permitir que se proponham ações, como a criação de novas áreas de conservação, a reintrodução de espécies em locais onde elas já foram extintas e a ampliação da área de distribuição conhecida pela ciência. O projeto prevê também a construção de um laboratório no Orquidário Alexandre Prestes Varela existente no Cenpes/Petrobras, na Cidade Universitária do Rio de Janeiro. Ali serão realizados estudos científicos sobre as espécies, incluindo a tentativa de reproduzi-las em laboratório e posteriormente cultivá-las no orquidário por jardineiros capacitados pelo Programa de Inclusão de Deficientes no Mercado de Trabalho (Proind), para formação de um banco de germoplasma para conservação.

A mais ameaçada

O ‘carro-chefe’ do programa é a *Laelia lobata*. A espécie é endêmica do Rio de Janeiro, ou seja, não

A *Cattleya schilleriana* é uma das nove espécies de orquídeas brasileiras ameaçadas de extinção e contempladas pelo projeto Cores





Endêmica do Rio de Janeiro, a *Laelia lobata* pode ser encontrada em rochas (A) e no mato (B) da Pedra da Gávea



ocorre em nenhum outro lugar do mundo, e habita os paredões rochosos da cidade. Uma das primeiras ações do projeto será a reintrodução da planta nas pedras do Pão de Açúcar, onde não é mais encontrada.

Fraga lembra que a retirada ilegal de orquídeas para venda como plantas ornamentais é uma das principais ameaças à que estão submetidas, e teme que a divulgação dos locais onde elas ocorrem prejudique sua preservação.

No entanto, o pesquisador ressalta que as informações prestadas por pessoas de fora do meio acadêmico são essenciais nesse tipo de pesquisa e que o projeto, além de levantar novos dados científicos sobre as espécies, colabora com a valorização do conhecimento popular sobre a natureza.

Mariana Ferraz
Ciência Hoje/RJ

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

**CIÊNCIA HOJE
E JORNAL DO BRASIL
SÃO PARCEIROS**

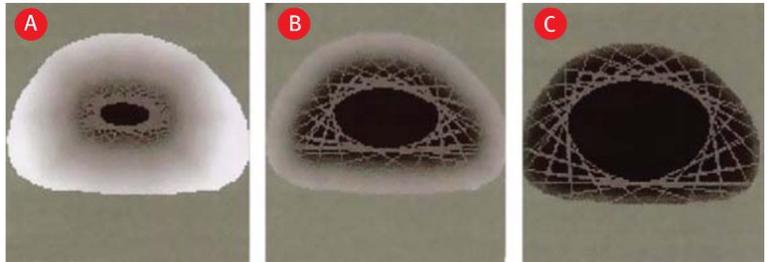
A revista *Ciência Hoje* e o *Jornal do Brasil* firmaram uma parceria para divulgar a ciência feita no Brasil para o grande público, que começou a vigorar a partir do domingo 22 de outubro. Todos os domingos, o *JB* traz na seção Saúde, Ciência & Vida uma página com versões resumidas de artigos publicados na revista. A primeira edição trouxe artigo assinado por dois pesquisadores sobre a necessidade de se preservar o peixe-boi, único mamífero aquático herbívoro, que corre sérios riscos de extinção. Os leitores do *JB* ainda puderam se inteirar do impacto provocado pelos poluentes liberados pelos carros movidos a gás natural no ar da cidade do Rio de Janeiro.

A iniciativa parte da premissa de que a informação científica é um instrumento essencial para a educação da sociedade e um poderoso aliado no entendimento de questões que afetam diretamente o dia-a-dia de todos. A cada domingo, os avanços e resultados recentes de pesquisas científicas desenvolvidas no país serão abordados de forma simples – mas precisa e com qualidade – por cientistas e jornalistas de diversas áreas do conhecimento.



Caça-osteoporose

Um exame para detectar, em recém-nascidos, a predisposição para desenvolver osteoporose (perda de massa óssea) na vida adulta poderá ser feito no país a partir do ano que vem. Um aparelho capaz de fazer uma análise minuciosa dos ossos permitirá aos médicos identificar precocemente os potenciais portadores da doença que, segundo a Fundação Internacional da Osteoporose, atinge um terço das mulheres e um quinto dos homens acima de 50 anos. Como não apresenta sintomas, a osteoporose costuma ser diagnosticada depois que já ocorreu alguma fratura. Mulheres chegam a perder, depois da menopausa, até 42% de sua massa óssea e o tratamento de uma pessoa que já sofreu fraturas chega a custar R\$ 2.300 por semana.



Imagens simuladas pelo aparelho de osteo-sonografia, em que é possível avaliar a perda de colágeno. Em A, um osso adequado; em B, osso com atenuações no colágeno e, em C, osso com grande perda dessa proteína

O novo aparelho é uma versão aperfeiçoada de uma tecnologia já disponível no país há 10 anos, conhecida como osteo-sonografia. Além de medir a quantidade de cálcio nos ossos, como faz a densitometria óssea por raios X, a osteo-sonografia é capaz de avaliar sua microarquitetura, registrando também a proporção de colá-

geno existente. É consenso entre os médicos hoje que a maior causa do enfraquecimento ósseo é a falta de colágeno – proteína fibilar presente no tecido conjuntivo onde se deposita o fosfato de cálcio (mineral que constitui o osso).

“A osteo-sonografia analisa a região das metáfises das falanges de quatro dedos (indicador, médio, anular e mínimo), responsável pelo crescimento dos ossos e a área do corpo mais adequada para avaliar precocemente o processo de reabsorção óssea – que acontece mesmo em pessoas saudáveis”, explica o médico Odilon Iannetta, chefe do Serviço Público Multidisciplinar de Climatério no Departamento de Ginecologia do Hospital das Clínicas (HC) da Universidade de São Paulo, em Ribeirão Preto (SP), que validou a tecnologia no Brasil. “Os dedos da mão são colocados entre dois transdutores (instrumentos que emitem e recebem o som) em



O aparelho de osteo-sonografia analisa uma região específica das falanges de quatro dedos, permitindo avaliar o processo de reabsorção óssea

forma de pinça. Uma onda sonora é enviada de um transdutor ao outro e, ao atravessar o dedo, os ultra-sons originam os pulsos elétricos que, ao serem captados, trazem as características das três camadas do osso: a porção endosteal (tecido que reveste internamente o osso), a porção trabecular (menos densa e intermediária) e a porção cortical (camada externa e mais densa do osso)”, esclarece o médico. Ele diz que as informações obtidas pelo equipamento – quantidade de colágeno e de cálcio, elasticidade, homogeneidade e densidade do osso – servem, nos adultos, como marcadores do grau de envelhecimento do tecido ósseo. Os valores são comparados, consultando um banco de dados, com os padrões esperados. “O resultado desse cruzamento estabelece a propensão para desenvolver osteoporose ou o próprio diagnóstico da doença.”

O aparelho, chamado DBM Sonic BP, já foi usado em mais de nove mil pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS), no HC da USP de Ribeirão Preto, e contém um sistema inteligente que faz 96 medições em apenas dois minutos e meio. Empregando a mesma tecnologia usada pelos robôs da Nasa (agência espacial norte-americana) em Marte, o equipamento faz uma reconstrução digital da imagem do osso, sem emitir a radiação comum às técnicas de densitometria por raios X.

“Os métodos convencionais para diagnóstico da osteoporose só conseguem detectar a doença depois de instalada, geralmente após a sexta e sétima décadas de vida, pela análise do osso do quadril, cujo envelhecimento celular se dá mais lentamente do que nos dedos”, compara Iannetta. O médico lembra que, para prevenir a osteoporose, o ideal é conhecer o padrão do colágeno ósseo desde o início do climatério (39 anos), antes da última menstruação (menopausa). O osso atinge seu tama-

nho e peso máximo no início da vida adulta (20 anos). Segundo a Fundação Internacional de Osteoporose, o fortalecimento da estrutura óssea ocorre durante a infância e a adolescência.

A quarta e última geração do aparelho, que chegará ao Brasil em março próximo, permitirá identificar, já nos recém-nascidos, se há uma formação óssea inadequada – que pode levar à osteoporose na maturidade. “Assim como se faz o teste do pezinho, o bebê poderia ser submetido, logo ao nascer, a uma avaliação do seu colágeno ósseo em minutos”, sugere Iannetta. O desenvolvimento do novo aparelho contou com a colaboração científica do médico do HC, que foi também o responsável pela aprovação da tecnologia na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

Segundo Iannetta, em torno de 17% da população mundial nascem com problemas ósseos. Uma vez diagnosticada a tendência ao desenvolvimento da osteoporose, os médicos podem iniciar uma série de exames para compreender a causa da doença, e assim começar a aplicar medidas preventivas que visem ao fortalecimento do osso. O tratamento inclui orientação nutricional, avaliação dos compartimentos endócrinos, das funções de vários órgãos e sistemas, a prática personalizada de exercícios físicos e, quando indicado, a prescrição de hormônios apropriados.

Rosa Maria Mattos
Ciência Hoje/RJ

QUÍMICA

CACHAÇA ‘SAUDÁVEL’

Os produtores de cachaça têm agora à sua disposição uma nova técnica para diminuir os teores de cobre presentes na bebida. Desenvolvida pela química Andréa de Oliveira, durante sua pesquisa de doutorado, orientada por Eduardo Almeida Neves e Joaquim Araújo Nóbrega, do Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a técnica é simples, barata e eficiente. Em testes preliminares, a concentração da substância caiu de 20 miligramas por litro (mg/l) para menos de 2 mg/l.

O cobre é utilizado na construção dos alambiques, onde a cachaça é destilada, e nesse processo o metal é liberado na própria bebida. Apesar de ser um elemento essencial para o bom funcionamento do organismo, em concentrações elevadas o cobre pode levar ao desenvolvimento de doenças neurodegenerativas, como o mal de Alzheimer e o de Menkes. Além disso, explica a pesquisadora, ele catalisa a formação de uma substância potencialmente cancerígena, o carbamato de etila.

A nova técnica consiste na adição de calcário ou mármore em pó ao líquido e na posterior filtração da bebida para remoção do resíduo contendo o cobre. Comparado com os métodos existentes (bidestilação e limpeza dos destiladores com soluções ácidas), este é um processo barato e útil, principalmente, para produtores de cachaça artesanal.

A técnica, já patenteada, mantém o sabor da bebida inalterado e deve colaborar com as exportações do produto, uma vez que, no exterior, os limites de cobre na cachaça não podem ultrapassar 2 mg/l.



Após a adição do reagente, a coloração da cachaça indica os teores de cobre: quanto mais branca, mais pura

Pesquisar e ensinar

Fazer com que os conhecimentos da física contribuam para a riqueza do país e melhorar o ensino de ciências no nível médio são alguns dos principais objetivos da Sociedade Brasileira de Física (SBF), que completou 40 anos em julho último. Para comemorar o evento, a SBF organizou um encontro especial nos dias 2 e 3 de outubro, no Palácio das Convenções do Anhembi, em São Paulo (SP), que reuniu pesquisadores de todas as áreas da física e de todo o território nacional. Durante os dois dias, os cientistas traçaram um panorama da física de alta qualidade feita no Brasil e discutiram não só a necessidade da inserção desse campo científico na vida econômica brasileira,

como também maneiras de melhorar a formação dos professores de ciência.

A SBF foi fundada em 14 de julho de 1966, durante a 18ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), realizada naquele ano em Blumenau (SC) e presidida pelo físico José Goldemberg. Até então, os físicos marcavam seus encontros junto com os eventos anuais da SBPC. Mas, com o crescimento dessas reuniões e a busca pelo reconhecimento de sua profissão, os pesquisadores sentiram a necessidade de ter um espaço próprio. “É por isso que a SBF só foi surgir na década de 1960, embora a física brasileira já tivesse demonstrado sua qualidade desde os anos 30”, explicou o físico Adalberto Fazzio, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) e presidente da SBF.

Entre as 113 pessoas, incluindo físicos e estudantes, presentes na formação da sociedade, estavam o primeiro presidente da SBF, bem como o primeiro presidente eleito, respectivamente **Oscar Sala** e José Leite Lopes (1918-2006) (ver ‘Ciência e educação em prol do Brasil’ em *CH* n° 231). O grupo determinou os objetivos da sociedade, como a melhor organização dos encontros e a edição de publicações científicas, por exemplo, a *Revista Brasileira de Física* (atualmente, *Brazilian Journal of Physics*). Apesar da história rica, os pesquisadores têm dificuldade em reunir documentos sobre a SBF. “Uma de nossas sugestões à sociedade é a criação de uma comissão para organizar a preser-

vação de textos e imagens referentes à SBF”, disse o filósofo da ciência Antônio Augusto Passos Videira, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, que, junto com a física Amélia Império Hamburger, da USP, falaram sobre a história da sociedade.

Aproximação com a indústria

Para o presidente da SBF, a física brasileira gera muito conhecimento, mas pouca riqueza. “Formamos 250 doutores por ano e somos responsáveis por 2% da produção científica mundial nessa área, mas isso não se traduz em aplicações industriais”, revelou Fazzio. Segundo ele, nos países desenvolvidos, 50% dos físicos que terminam o doutorado vão para a indústria. No Brasil, isso não acontece e esses profissionais ou se tornam professores universitários ou fazem um pós-doutorado. “Além disso, as empresas brasileiras não costumam ter laboratórios para gerar inovação”, acrescentou o físico.

Em uma tentativa de mudar esse cenário, a SBF publicou em 2005 um livro, intitulado *Física para o Brasil: pensando o futuro*, com sugestões para a formulação de políticas de desenvolvimento científico e tecnológico. Uma delas é a de se criar um programa de pós-doutorado ligado às empresas, onde o físico trabalharia com inovação tecnológica. “As políticas nessa área têm de ser mais fortes”, enfatizou Fazzio. Ele também mencionou o tópico das patentes, mas, para o físico Paulo Cesar de Moraes, da Universidade de Brasília (UnB), esse assunto é fonte de alegrias, mas também



ARQUIVO DO INSTITUTO DE FÍSICA DA USP



Na década de 1980, no Instituto de Física da USP, acima Ramayana Gazinelli e Moyses Nussenzeig; à direita, José Goldemberg e Mario Schemberg. Todos já foram presidentes da SBF



de preocupações. “Embora tenhamos vários registros concedidos no Brasil, não possuímos suas contrapartes internacionais. Ou seja, quando os pedidos se tornarem públicos, corremos o risco de alguma companhia estrangeira se apropriar do nosso conhecimento”, informou Moraes, que acredita ser necessária uma política que auxilie a obtenção de patentes no exterior, um processo caro demais para a maioria das universidades. “Uma alternativa é a maior aproximação com a indústria, pois as empresas têm a capacidade de proteger seus interesses”, relatou.

O físico Odair Dias Gonçalves, presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), que representou o físico Sérgio Rezende, ministro da Ciência e Tecnologia, concordou com o colega. Em sua opinião, a ciência e a indústria avançaram muito no país, mas de maneira paralela, sem se encontrar. “A característica da política hoje é corrigir essa situação, propiciando maior interação entre essas duas áreas. Mas isso não significa abandonar a pesquisa básica”, observou Gonçalves. Ele citou os fundos setoriais como um exemplo de maior aproximação entre universidades e empresas, em especial, o CT-

Verde-amarelo, específico para inovação e que incentiva tanto os cientistas quanto as companhias particulares.

Melhores professores

Desde sua criação, a SBF teve uma participação forte na questão do ensino, tendo organizado, em 1970, o primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física (Snef). Mesmo assim, o presidente da sociedade acredita que há vários problemas com a educação de ciências no nível médio, como o reduzido tempo de atividade escolar nessa área. “Em algumas escolas, os alunos só têm duas horas semanais de educação científica. Hoje, é inadmissível que não se dê prioridade a esse campo”, ressaltou Fazzio. Em sua opinião, o Ministério da Educação (MEC) e o MCT devem atuar em conjunto, especialmente na questão da formação dos professores de ciência, considerada um ponto crítico. “É preciso aumentar o salário desses profissionais e melhorar sua qualificação, bem como investir em laboratórios escolares”, afirmou o físico, lembrando ainda da necessidade de estimular a divulgação científica.

O representante do MEC no evento, o físico Ronaldo Mota, secretário nacional de educação

a distância, compartilha da opinião de Fazzio. “Apesar do nosso parque científico desenvolvido, o ensino médio em ciências é ruim”, disse. Segundo Mota, é preciso estimular a parte experimental do estudo. Para isso, é necessário preparar os professores, pois o ensino de física tem um forte componente experimental. Ele comentou que a Universidade Aberta, iniciativa de educação a distância do MEC, desenvolveu uma fase presencial dos seus cursos com foco nessa área, onde o aluno comparece uma vez por semana ao pólo de apoio a distância mais próximo para ter uma aula de laboratório. O projeto-piloto teve 10 mil participantes, sendo três quartos deles de professores que não tinham título superior ou graduação na sua área de ensino. O secretário mencionou ainda a importância das novas tecnologias, como os objetos virtuais de aprendizado, simulações computacionais que auxiliam a compreensão do tema tratado. “Finalmente, estamos trabalhando também no desenvolvimento de livros-texto escritos por grandes pesquisadores”, concluiu Mota.

Fred Furtado
Ciência Hoje/RJ

Hipertensão que vem do berço

Mulheres que não adotam uma dieta com a quantidade de proteínas adequada durante a gravidez podem gerar filhos que desenvolvam hipertensão na idade adulta. Esse é o resultado de um estudo, realizado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que reafirma a importância dos programas alimentares não só para crianças, mas sobretudo para gestantes em regiões pobres do país. A pesquisa confirma a hipótese de que o baixo peso de recém-nascidos, um dos efeitos da alimentação inadequada das mães, está relacionado à má-formação de seus órgãos, que culmina em doenças crônicas na maturidade.

O estudo brasileiro inspirou-se em pesquisas feitas com sobre-

viventes da Segunda Guerra Mundial, em que se provou que a má-nutrição de mães durante a gestação e a lactação culminava em doenças cardiovasculares em seus descendentes na vida adulta. A bióloga Karla Maria Pires, autora do estudo, orientada pelo médico Carlos Alberto Mandarin-de-Lacerda, do Departamento de Biologia da Uerj, simulou a situação em ratos, a fim de analisar mais detalhadamente o dano causado aos filhotes.

Pires reduziu a porcentagem de proteínas na dieta de um grupo de ratas-mães, durante a gestação e a lactação, de 20%, considerada ideal, para apenas 5%. A pesquisadora observou que os filhotes cuja mãe era mal nutrida, depois de 21 dias (nesse período,

o rim dos ratos está completamente formado) apresentavam peso 50% menor que os do grupo-controle, que havia recebido a proporção adequada de proteínas. Além disso, tinham uma quantidade de glomérulos (as estruturas funcionais do rim) 30% menor que os animais de mães-controle. “Os danos renais provocados durante a fase de formação dos órgãos podem ser a explicação para a hipertensão nos animais quando adultos”, afirma a bióloga, “já que um menor número de glomérulos leva à filtragem reduzida do sangue, precisando de mais pressão do que o normal para que o seu fluxo pelas veias seja adequado”. O trabalho já foi aceito para publicação na revista *Life Sciences*.

OS MALES DA HIPERTENSÃO

Existem no Brasil cerca de 30 milhões de hipertensos, segundo dados da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Também conhecida como ‘pressão alta’, a hipertensão arterial é uma doença muito perigosa, já que nem sempre apresenta sintomas. Entre os males que pode causar, estão a insuficiência cardíaca, a angina, o infarto e a insuficiência renal crônica. Existem dois tipos de hipertensão: a primária, causada por uma predisposição genética, e a secundária, cuja origem pode estar em problemas renais e na artéria aorta, ou em doenças endocrinológicas.

O coração é o órgão responsável por bombear sangue pelas artérias para o corpo inteiro. Chama-se pressão arterial à força que o sangue, impulsionado pelo coração, exerce sobre a parede das artérias, que possuem elasticidade para impulsionar o sangue para frente, a fim de que ele não pare de circular. Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia, um adulto é considerado hipertenso quando, em repouso, apresenta pressão arterial superior a 14 por 9 (140mmHg por 90mmHg).

FOTO: XCHU



Prevenção e tratamento

Outro estudo desenvolvido pelo mesmo grupo da Uerj apresenta uma alternativa para o tratamento da hipertensão: o óleo de peixe, rico em ácido graxo ômega 3, gordura encontrada nos peixes de água fria, como a sardinha, o arenque e o salmão, além da semente de linhaça e do óleo de canola.

Realizada pela nutricionista Mariana Catta-Preta, orientada pela também nutricionista Márcia Barbosa Águila, do mesmo grupo, a pesquisa consistiu em verificar a eficácia do óleo de peixe no tratamento de ratos cujas mães haviam consumido na gestação apenas 9% de proteínas – proporção um pouco menos intensa que a do estudo anterior. Os pesquisadores começaram a ministrar óleo de peixe aos ratos, a partir dos três meses – quando já são considerados adultos – até os seis meses de idade. Durante esse tempo, foi medida a pressão arterial dos animais e comparada com a de um grupo-controle.

Os resultados mostraram que aqueles que receberam tratamento com óleo de peixe tiveram atenuados os efeitos danosos da restrição proteica materna (como a diminuição do número de glomérulos dos rins). “Os níveis de perda das células, que acontece normalmente durante a velhice, foram controlados com o óleo”, afirma Catta-Preta. Os pesquisadores ainda não sabem o quanto dessa recuperação pode ser atribuído ao período de amamentação, em que a dieta das mães-ratos foi normalizada, e qual a importância do óleo de peixe na melhora do quadro hipertensivo dos animais. Em próximos estudos, a pesquisadora planeja ministrar aos ratos descendentes de mães mal nutridas uma gordura ruim, ao contrário do óleo de peixe, para observar possíveis efeitos maléficos.

Rosa Maria Mattos

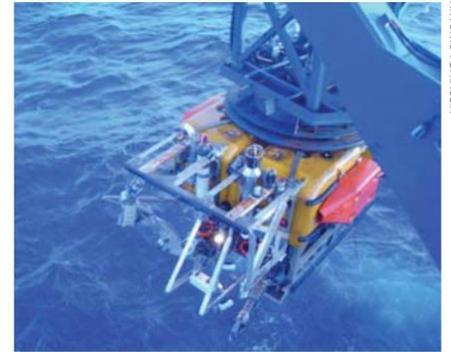
Ciência Hoje/RJ

ENGENHARIA ELETRÔNICA

ROBÔ SUBMARINO COM VISÃO 3D

A tecnologia de visão robótica usada em operações extraterrestres da Agência Espacial Norte-americana (Nasa) será aplicada em robôs submarinos no Brasil. O sistema de visão estéreo, também conhecido como visão tridimensional (3D), vai aprimorar as inspeções em equipamentos localizados em águas profundas, de até 5 mil metros de profundidade, como os dutos usados para transportar petróleo no fundo do mar. Resultado das teses de mestrado e doutorado do engenheiro de telecomunicações Lenildo C. Silva, realizadas na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o sistema foi testado com sucesso em instalações da Petrobras, sob a coordenação do engenheiro eletrônico Antônio Petraglia, do Departamento de Engenharia Eletrônica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Acoplado aos robôs responsáveis por monitorar os equipamentos submarinos, o sistema de visão estéreo capta as imagens em duas câmeras distintas, assim como ocorre na visão humana (olhos direito e esquerdo). Essas duas imagens bidimensionais diferentes são transmitidas em tempo real, por meio de um monitor de cristal líquido, para o operador do robô, que usa um óculos 3D semelhante ao de jogos que criam ambientes virtuais para compor uma imagem tridimensional e ter noção da profundidade dos objetos. “A precisão do sistema é garantida



ANTÔNIO PETRAGLIA

Robô que faz as inspeções em dutos submarinos equipado com o par de câmeras – parte do sistema de visão tridimensional

por um programa de computador que calcula, a partir dos pontos comuns às duas imagens, as dimensões e distâncias entre os objetos”, conta Petraglia.

Atualmente, os robôs submarinos têm visão bidimensional, ou seja, não consideram a profundidade dos objetos, pois usam apenas uma câmera. “O sistema tridimensional evita choques dos robôs com os equipamentos e auxilia o dimensionamento dos defeitos e o posicionamento dos encaixes dos tubos durante as expedições de inspeção, que são muito caras”, destaca o engenheiro. O último teste em alto-mar dos robôs com visão tridimensional foi feito no fim de julho em Macaé (Rio de Janeiro). O sistema será uma exigência nas operações oficiais da Petrobras.

ESQUELETO INDÍGENA • Arqueólogos do projeto Amazônia Central, do qual fazem parte diversas universidades brasileiras, encontraram pela primeira vez no Amazonas um esqueleto completo de um índio. A ossada estava enterrada no cemitério indígena do sítio arqueológico Hatahara, em Iranduba, a 25 km de Manaus. Até então, somente partes de esqueletos humanos haviam sido localizadas no sítio, um dos mais importantes do país. O material estava coberto por uma camada de argila que, acredita-se, ajudou a preservá-lo. Peças de cerâmica encontradas a alguns metros do corpo indicam que ele pertenceu a um índio que viveu entre os séculos 8 e 12 d.C. A descoberta vai ajudar a conhecer melhor a história dos indígenas brasileiros que habitavam aquela região séculos atrás, além do modo como viviam e tratavam seus mortos.

Em busca da beleza matemática

O prédio do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) fica no bairro do Horto, no Rio de Janeiro, cercado de verde e silêncio. Embora aposentado há muitos anos, Maurício Matos Peixoto não deixa de ir ao Instituto que ajudou a fundar e do qual é hoje pesquisador emérito. Aos 85 anos, o autor do renomado ‘teorema de Peixoto’, um marco inaugural no estudo dos sistemas dinâmicos, continua a realizar suas pesquisas. “Continuo remando para ver se fico no mesmo lugar”, costuma falar.

Nascido em 1921, em Fortaleza, Ceará, Peixoto veio em definitivo para o Rio de Janeiro quando tinha 12 anos. Seu pai, José Carlos de Matos Peixoto, era governador do estado e fora deposto pela Revolução de 1930. Como ele explica, o pai não era exatamente um político, chegou a governador meio acidentalmente: “Ele era, antes, um *scholar*. Ensinava latim e inglês no Liceu, no Ceará, e depois foi professor de direito romano.” A Revolução de 1930 representou um duro golpe na vida da família.

Com sete irmãos, Maurício foi o quarto filho do segundo casamento de seu pai, com Violeta Rodrigues. Como lembrança maior da viagem para o Rio ficou “a imagem do navio singrando o mar” que avistou quando, durante a travessia no Ita, um marinheiro da tripulação o levou até o alto da proa para ver uns “botos” que acompanhavam o navio, poucos metros à sua frente. Transferido para o Colégio Pedro II, ao chegar ao Rio, foi reprovado em matemática. A experiência, que poderia ser traumática, acabou se tornando decisiva na sua futura escolha profissional. As aulas particulares com um amigo da família, Nelson Chaves, lhe deram uma nova visão sobre a disciplina. “Fiquei deslumbrado com as explicações e o seu entusiasmo”, recorda. Já decidido a fazer matemática, formou-se em 1943 em engenharia civil pela Escola Nacional da Universidade do Brasil. Na mesma escola, tornou-se, em 1952, catedrático de mecânica racional.

Na primeira vez que saiu do país com bolsa de estudos, o destino foi Chicago, Estados Unidos. Na segunda, em 1957, foi para Princeton, também nos Estados Unidos, a convite do matemático russo Solomon Lefschetz (1884-1972). Foi em Princeton que desenvolveu o teorema de Peixoto, contribuição que marcou a história da matemática nessa área. Perguntado se é possível explicar o teorema para leigos, ele desconversa. Prefere mostrar a publicação com o discurso que fez em 1987, na China, ao ser premiado pela Academia de Ciências do Terceiro Mundo. Na ocasião, recebeu uma medalha, que trazia, na inscrição, uma síntese da importância de sua pesquisa: “Por seu estudo fundamental e pioneiro sobre estabilidade estrutural de sistemas dinâmicos, em particular por provar que os fluxos em superfícies são genérica e estruturalmente estáveis.”

Em 1964, Peixoto foi ensinar na Universidade de Brown, em Rhode Island, Estados Unidos. Acostumado à alta burocracia nacional, ficou muito admirado com a simplicidade do processo de contratação. Perguntaram-lhe se era doutor. Respondeu que não. Então lhe indagaram se, no seu país, havia chegado ao nível mais alto na universidade. Disse que sim e foi o suficiente: “Lá as pessoas têm uma cultura voltada à resolução dos problemas.”

Voltou definitivamente para o Brasil em 1970. Em 1973 transferiu-se da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro para o Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP), onde se aposentou em 1978. Orientou 11 doutorados no Brasil e nos Estados Unidos.

Ao lado de sua pesquisa, assumiu diversos cargos administrativos ao longo da carreira. Foi vice-presidente do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de 1971 a 1974; presidente da Sociedade Brasileira de Matemática (SBM) de 1975 a 1977; do CNPq durante um ano (1979-80) e da Academia Brasileira de Ciências (ABC) de 1981 a 1991.

Casou-se com Marília Chaves Peixoto, sua colega de turma na Escola de Engenharia, com quem teve dois filhos: Marta Chaves Peixoto e Ricardo Chaves Peixoto. Um dos três estudos que compõem o teorema de Peixoto foi feito em colaboração com Marília, que faleceu em 1961. Casou-se novamente em 1964 com Maria Lucia Alvarenga Peixoto, com a qual teve também dois filhos: Marcos Alvarenga Peixoto e Elisa Alvarenga Peixoto. Atualmente é casado com Alcilea Augusto, que foi professora de matemática do IME-USP.

Além da matemática, Peixoto cultivava outra paixão permanente: a poesia. Este era um dos temas freqüentes em suas conversas com o amigo René Thom (1923-2002), conhecido matemático francês. Os dois concordavam quanto à superioridade da poesia inglesa em relação à francesa, o que, para Thom, era consequência de a língua francesa ser “muito explícita, precisa, algébrica”, restando pouco espaço para a ambigüidade e a reticência. Tempos depois, ao deparar com uma antologia de poesia chinesa antiga, Peixoto encontrou uma explicação que lhe pareceu ainda melhor: “A poesia deve ser precisa sobre a coisa e reticente sobre o sentimento.” A definição da natureza poética, apresentada por Wei T'ai, sábio chinês do século 11, o tocou profundamente: simples, bela, verdadeira. ▶



Entrevista concedida a Sheila Kaplan (Especial para *Ciência Hoje/RJ*)*

Colaboraram **Alfredo Ozório de Almeida** (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF), **Antonio Augusto Passos Videira** (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), **Benar Fux Svaiter** (Instituto de Matemática Pura e Aplicada) e **Cássio Leite Vieira** (*Ciência Hoje/RJ*)



Aos 3 anos, em Fortaleza, onde nasceu; no Rio de Janeiro, como estudante no Colégio Pedro II aos 13 anos, de uniforme e, aos 15, na conclusão do curso ginásial

Quando criança o senhor já tinha inclinações intelectuais?

Nem sabia que existia tal coisa. É muito complicado para uma criança compreender que existem pessoas que estão preocupadas basicamente em pensar. Como o matemático, ou o poeta. Essas duas áreas têm traços comuns. A matemática, como a poesia, tem de ser bonita.

O senhor poderia explicar melhor essa idéia de beleza em matemática?

Isso significa que, em sua pesquisa, o matemático é guiado por critérios essencialmente estéticos. Como disse o famoso matemático inglês Godfrey H. Hardy [1877-1947], “não existe lugar permanente para a matemática feia”.

Voltando à sua infância, o senhor era uma criança do tipo reflexivo?

Eu era muito isolado. Lá em casa, a coisa de que mais gostava era quando chegava uma visita. Antigamente, havia uma formalidade em relação às visitas. Eu gostava de me sentar na sala e ficar ouvindo tudo, sem vontade de palpar.

Era uma criança sem nada de especial, mas adorava assistir à conversa de gente grande, qualquer que fosse o assunto. Além disso, também gostava de ler jornais.

Lembro de ter lido, no *Correio da Manhã*, tudo sobre a guerra da Abissínia e também sobre a guerra civil espanhola.

É verdade que o senhor foi reprovado em matemática logo que veio para o Rio de Janeiro?

Fiz o primeiro ano no Ceará; no Rio, fui transferido para o Colégio Pedro II, que era muito bom. Por causa da Revolução de 30, não fiz o exame de admissão. O presidente Getúlio Vargas havia assinado um decreto que aprovava os candidatos a exames em todos os níveis de ensino. A justificativa era que a Revolução havia perturbado as famílias. Quando ingressei no Pedro II, tinha por volta de 12 anos e não sabia nada de nada de matemática. Por causa da reprovação, tive aula particular com Nelson Chaves, amigo da minha família e aluno da Escola Politécnica, o que foi uma experiência decisiva para mim. Ele realmente entendia matemática, o que é raro. A maioria das pessoas não tem idéia dos conceitos. Fiquei satisfeito de aprender porque sempre tinha ouvido minha mãe falar que eu era muito inteligente. Depois de fazer o exame de segunda época, passei a vasculhar a biblioteca do meu pai em busca de qualquer coisa que tivesse fórmula. Sempre fui um grande fuçador de livros.

Nesse momento, o senhor fez sua definição profissional pela matemática?

A partir daí, eu queria fazer alguma coisa que tivesse matemática. Fiz o vestibular em 1939 para a Escola Nacional de Engenharia, mas, no ano anterior, ainda cursando a última série do Colégio Pedro II, fiz simultaneamente o primeiro ano da Universidade do Distrito Federal (UDF), que tinha sido criada em 1935 e possuía um curso de matemática. No exame de vestibular para a Universidade do Distrito Federal, conheci Lélío Gama [(1892-1981), primeiro diretor do IMPA], que me examinou. Logo em seguida, porém, ele saiu da UDF e retornou ao Observatório Nacional. Todo mundo dizia que ele era um terror, mas eu não tive essa idéia. Enxerguei nele um homem de ótimo coração. Depois, acabei optando por ficar somente na Faculdade de Engenharia.

O senhor entrou na Faculdade de Engenharia visando à matemática?

Tanto eu quanto Leopoldo Nachbin [1922-1993], que era da minha turma, já tínhamos clareza

desde o início de que queríamos fazer matemática. Ele tinha vindo de Pernambuco para fazer a faculdade no Rio, e nos tornamos grandes amigos. A primeira vez que vi o nome do Leopoldo foi quando saiu a lista de aprovados no vestibular. Em uma lista de 80 nomes, tínhamos tirado exatamente o mesmo número de pontos. Eu pensava que havia sido reprovado nesse exame por causa de desenho. Por falta de prática, com medo que borrasse, nem passei o nanquim, na prova, por cima dos resultados. Depois me explicaram que, se não tivessem dado um jeito em desenho, dos 400 alunos inscritos, só teriam passado 40, e não os 80 que entraram.

Entre na faculdade em 1939 e logo percebi que esse negócio de matemática era algo que se fazia por esporte, por gosto, que não havia nenhuma perspectiva profissional além de ser professor na própria Escola Nacional de Engenharia. Eu e Leopoldo estudávamos por conta própria. A nossa trajetória era completamente diferente da de nossos colegas. Como éramos dois, ficava mais fácil. Leopoldo sempre teve muito destaque. Ele era impressionante como aluno. Você podia perguntar o que fosse de matemática e ele respondia na hora. Nós éramos monitores de cálculo. A Escola de Engenharia tinha uma excelente biblioteca. Fiquei amigo do bibliotecário e tinha acesso fácil a revistas antigas. Recebia regularmente a *Comptes rendus*, da Academia de Ciências da França, e ficava fascinado com a extensão da matemática.

Como foi sua ida para estudar em Chicago?

Eu me formei em 1943 e fui para Chicago em 1949. Naquela época, como parte da política de boa vizinhança dos Estados Unidos com a América Latina, estiveram no Brasil Marshall Stone [1903-1989], grande matemático, e o algebrista A. Adrian Albert [1905-1972], ambos de Chicago. Eles comentaram sobre uma bolsa na universidade e, interessado nessa possibilidade, tive de fazer visitas quase diárias ao Itamarati durante dois anos. O processo para obter bolsa de estudos era, então, muito primitivo. Nesse meio tempo, tornei-me professor assistente de mecânica racional. Fiz também concurso para o km 47, como nos referíamos à Escola de Agronomia, hoje conhecida como a Universidade Rural, mas não consegui a cadeira. Éramos seis candidatos, mas o que ganhou era um dos mais fracos.

Fiquei pouco tempo em Chicago. Estava lá há pouco mais de um ano quando chegou a notícia de que o professor [Sebastião] Sodrê da Gama [1883-1951], catedrático de mecânica racional,

havia falecido. Resolvi largar tudo e voltar para garantir o feijão com arroz no Brasil. Eu sabia que, se ficasse lá e chegasse às vésperas do concurso, perderia a vaga. Então decidi me preparar e disputar a cadeira para valer. Uma verdadeira operação de guerra. Naquela época havia muita política para se chegar a catedrático, hoje existe uma competência mais generalizada. Voltei em 1951 e fiz o concurso em fins de 1952. Ganhei, tornei-me catedrático da Escola de Engenharia em fevereiro de 1953 e a vida mudou completamente.

O senhor participou ativamente da fundação do IMPA em 1952. Como foi o processo de criação desse órgão?

A Fundação Getúlio Vargas foi fundada em 1946 e seu diretor executivo, Paulo de Assis Ribeiro, resolveu criar um núcleo de matemática, dirigido por Lélío Gama. Dele participava o matemático português [nascido em Angola] António Monteiro [1907-1980], que tinha feito seu doutorado com Maurice Fréchet [1878-1973] em Paris e estava dando aulas na Faculdade de Filosofia da Universidade do Brasil. Participavam, ainda, do núcleo Leopoldo Nachbin, Maria Laura Mousinho Leite Lopes e eu. Em uma certa medida, esse núcleo foi o precursor do IMPA, pois entre seus objetivos estava a pesquisa matemática. Graças aos contatos com o exterior do Leopoldo, o núcleo recebeu a visita de importantes matemáticos, como André Weil [1906-1998] e Oscar Zariski [1899-1986], que lá fizeram conferências. O núcleo durou cerca de três a ▶



Na primeira sede do IMPA, na rua São Clemente, em Botafogo, em 1962, Peixoto aparece no alto (o segundo, da esquerda para a direita)



quatro anos e, nesse período, foi criada por Leopoldo a revista *Summa Brasilienses Mathematicae*, a primeira revista de matemática de nível internacional publicada no Brasil e que sobreviveu ao núcleo alguns anos mais.

O IMPA foi estabelecido em 1952 pelo então Conselho Nacional de Pesquisas [CNPq]. Quem propôs formalmente a criação do IMPA foi Candido Lima da Silva Dias [1913-1998], que era chefe do núcleo de matemática do CNPq. No início não havia estrutura quase nenhuma. Não havia quadros – durante 20 anos não houve contratações, somente bolsistas – e o instituto funcionava em uma sala do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), passando em 1957 a ocupar um prédio na rua São Clemente. Lélío Gama foi nomeado diretor e ficou 13 anos à frente do cargo. Ele tinha uma certa verba, o mínimo *minimorum* para gerir a entidade. Candido também apoiou a formação do que é hoje a belíssima biblioteca do IMPA, a mais completa da América Latina.

Como surgiram os seminários de matemática na Escola de Engenharia?

Logo que fiquei catedrático, em 1953, resolvi fundar o Gabinete de Mecânica Racional. Fazíamos seminários aos sábados que duravam o dia inteiro. Um dos mais ativos, nesses seminários, era Mário Henrique Simonsen [1935-1997], que viria a ser ministro da Fazenda. Era, de longe, o mais brilhante, o melhor aluno que eu já tive. Também participavam dos seminários Djairo Guedes de Figueiredo, Antônio Dias Leite – que também veio a ser ministro –, Jacob Palis e Marília Chaves Peixoto [1921-1961]. O gabinete se manteve mesmo quando eu segui para Princeton.

Em 1979, assume a presidência do CNPq (à esquerda). A seu lado, o ministro Mário Henrique Simonsen, que havia sido seu aluno, e o vice-presidente do CNPq, Lindolpho de Carvalho Dias. Em 1981, toma posse como presidente da Academia Brasileira de Ciências (abaixo, à direita), sucedendo Aristides Pacheco Leão (no centro). Também presente na foto o então vice-presidente da República, Aureliano Chaves



O senhor marcou seu nome na história da matemática brasileira com o teorema de Peixoto. Qual o contexto em que o teorema foi desenvolvido?

Houve em 1956 uma conferência de matemática muito importante no México, que reuniu o fino da topologia algébrica. Soube que Solomon Lefschetz, um dos maiores nomes no assunto, lá estaria. Eu já sabia que Lefschetz estava interessado em problemas de estabilidade estrutural de equações diferenciais e pedi a Leopoldo Nachbin que o consultasse, no México, sobre a possibilidade de eu trabalhar com ele nessa área. Leopoldo o sondou e me disse que escrevesse para ele, explicando o que eu queria fazer. Em resposta, Lefschetz me convidou para ser pesquisador associado em Princeton. Foi lá que realmente nasci em matemática. Fiz lá uma parte importante dos artigos do teorema. Lefschetz me deu um grande impulso. Ele me ofereceu espaço em seu gabinete e conversávamos sobre matemática e matemáticos e tudo o mais sob o sol. Ele me deu muito apoio, falava de mim para todo mundo. Comecei o teorema em 1959 e trabalhei nele até 1962. O teorema constitui-se de três trabalhos, um dos quais feito em colaboração com Marília Chaves Peixoto, que foi minha colega de turma na Escola de Engenharia e minha primeira esposa.

Depois que o publiquei, tudo mudou, quase como quando virei catedrático.

Lefschetz foi, então, a sua maior influência?

Ele e Nelson Chaves, o professor que me deu aulas particulares quando fui reprovado. A eles devo muito. Lefschetz era russo. Com um ano de idade, ele foi para Paris. Lá se formou engenheiro, mas não conseguiu entrar na Escola Normal Superior porque não era francês nato. Emigrou por volta de 1910 para os Estados Unidos e foi trabalhar como engenheiro na Filadélfia. Trabalhando na General Electric, um acidente cortou seus dois braços, pouco abaixo do cotovelo. Foi então que ele foi fazer matemática e teve um imenso êxito. A despeito da diferença de idade – ele tinha 73 anos e eu 36 – ficamos muito amigos.

O teorema de Peixoto foi o ponto de partida no estudo dos sistemas dinâmicos. O senhor apontaria discípulos?

Eu destacaria, por exemplo, Ivan Kupka – que foi meu aluno e fez uma tese no IMPA, o teorema famoso de Kupka-Smale. O Jorge Sotomayor também fez uma excelente tese de doutorado no IMPA em 1964. A estada do [matemático norte-americano] Steve Smale aqui, no início dos anos 60, foi extremamente importante. Ele me foi apresentado por Elon Lima em Princeton e passou seis meses no IMPA. Utilizando seus conhecimentos em topologia, ele buscou estender minha pesquisa à dimensão n , para o que foi essencial a teoria da transversalidade, de René Thom, grande matemático francês que foi também meu grande amigo.

Além de sua contribuição fundamental para a matemática, o senhor exerceu também cargos importantes, como a presidência do CNPq e da Academia Brasileira de Ciências (ABC). O que o levou a assumir esses cargos?



A criação do CNPq, a meu ver, fez toda a diferença no Brasil. Foi Simonsen, quando se tornou ministro, quem me convidou para a presidência do CNPq. Ele me conhecia dos seminários e me disse: “Confio em você e gostaria que me desse uma mão...” Já na Academia foi um período muito agradável. As academias não têm mais o prestígio que tiveram quando foram fundadas, mas continuam cumprindo um papel. Nos Estados Unidos, na França, na Inglaterra, as academias são consultadas sobre as questões científicas e tecnológicas da atualidade. Em princípio, o governo é interessado em coisas práticas da ciência e as academias são lugares em que você sabe quem sabe as coisas no mundo da ciência.

Em 2001 recebe homenagem, no IME-USP, pelos seus 80 anos. Entre os organizadores, Jorge Sotomayor (de barba) e Carlos Gutierrez

Na sua opinião, qual é o principal problema na área de educação no Brasil?

Uma das tragédias brasileiras é o ensino fundamental. Os alunos não estão aprendendo a ler. Qualquer texto com mais de duas linhas torna-se estratosférico. No ensino fundamental, os professores são vergenhosamente mal pagos, e não há solução que não passe pelo aumento de sua remuneração.

Afora isso, existe uma má orientação, uma pedagogia equivocada. Hoje se tem pavor de que o aluno decore qualquer coisa. Com isso se está atingindo uma das molas mestras do intelecto, que é a gravação. Hoje, é como se todo mundo tivesse a doença de Alzheimer, ninguém se lembra de nada, quando, na realidade, a memória deveria ser estimulada. E essa teoria construtivista, de que o aluno tem de construir o seu saber, não significa abandonar o aluno. Como se a teoria da relatividade, a física quântica e outras *cositas* saíssem naturalmente. A teoria construtivista tem uma base interessante, mas isso dá trabalho, não brota sem esforço. ■

Em Pequim, China, recebe das mãos do físico Abdus Salam o prêmio de matemática da Academia de Ciências do Terceiro Mundo (1987)

Nadando em águas vizinhas

História e cultura – Apologias a Tucídides

Marshall Sahlins

Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 336 p., R\$ 49

Se o passado é um país estrangeiro, como dizem alguns historiadores, ele também é uma outra cultura. “Outros tempos, outras culturas”, completaria o antropólogo norte-americano Marshall Sahlins, uma das maiores referências contemporâneas, sobretudo para aqueles que se movem pelas frágeis e movediças fronteiras entre história e antropologia. Professor emérito da Universidade de Chicago e autor de uma série de obras consagradas – como *Cultura e razão prática*, *Ilhas de história*, *Historical metaphors and mythical realities* e *Esperando Foucault, ainda* –, Sahlins é também editor executivo da charmosa Prickly Pear Press. É também um antropólogo que nunca se preocupou com o risco de nadar em águas vizinhas e esse é o caso de *História e cultura*, livro no qual, com o intuito de retomar sua discussão sobre o valor dos conceitos antropológicos de cultura para o estudo da história e vice-versa, Sahlins enfrenta o clássico tema da guerra do Peloponeso. Ele a compara com um conflito ocorrido nas ilhas Fiji, em meados do século 19, assim como junta, em uma mesma análise, um famoso incidente na história do beisebol americano, a estrutura das revoluções científicas (no estilo de Thomas Kuhn), Napo-

leão Bonaparte e o menino náufrago cubano Elián Gonzales, que tomou a mídia norte-americana em 2000, ano em que ocorreu o também famoso massacre na escola de Columbine High, Colorado, perpetrado por dois estudantes. Todos esses exemplos improváveis passam pela leitura inesperada de Sahlins, que procura responder uma questão insistentemente retomada, a cada livro seu, sobre a natureza da ação histórica: afinal seria ela individual ou coletiva? Efeito da estrutura ou da conjuntura?

Foi no livro *Historical metaphors and mythical realities*, ainda em 1986, que Sahlins enfrentou tal tipo de debate pela primeira vez. O objetivo era demonstrar como as pessoas agem motivadas pela própria circunstância de sua cultura, sendo que o processo histórico se movimentaria como um processo contínuo e recíproco entre a “prática da estrutura e a estrutura da prática”. É esse processo que Sahlins denominou anos mais tarde, em *Ilhas de história*, como “a reavaliação funcional de categorias”. Partindo da noção de estrutura do [antropólogo belga Arthur Maurice] Hocart [1883-1939], Sahlins procurou dar história à noção de estrutura e mostrar como, mesmo na representação mais abstrata de signo – a cos-



mologia –, a estrutura está sempre em movimento. A história é ordenada culturalmente de diferentes modos nas diversas sociedades, mas o contrário também seria verdadeiro: esquemas culturais são ordenados historicamente.

O problema levaria, assim, não tanto a explodir o conceito de história pela experiência antropológica da cultura, mas sobretudo a introduzir a experiência histórica estourando o conceito antropológico de cultura e incluindo a própria estrutura. É a isso que Sahlins chama de “estrutura da conjuntura”, a forma como as culturas reagem a um evento, fazendo dialogar o contexto imediato com estruturas culturais anteriores. A história é, dessa maneira, construída tanto no interior de uma sociedade como entre sociedades, que repõem estruturas passadas na orquestração do presente.

O modelo de Sahlins vem ajudando a refletir, portanto, não só sobre a sociedade ocidental, como acerca da incorporação original do capitalismo em países periféricos: distintas lógicas nativas gerariam resultados culturais tam-

bém diversos. E esse novo livro pode ser considerado um exercício de retorno ao problema dileto desse autor, sobretudo quando estabelece um ousado paralelo entre a guerra do Peloponeso, tal como descrita por Tucídides e a guerra da Polinésia.

Segundo o antropólogo, tanto Atenas quanto Baú seriam dificilmente entendidas como as únicas potências hegemônicas a governar por intimidação; eram não obstante atípicas ao recorrerem a uma política de demonstração e animação e não de administração. Eram impérios de signos, diz o antropólogo, prontos para exibições positivas de grandeza e, ao mesmo tempo, para teatros de violência e terror, sempre excessivos. Essas aparições públicas teriam um efeito exemplar – conforme também demonstrou Sahlins em outro livro, *Negara*, quando tratou do caso de Bali (Indonésia) –, assim como permitiriam entender nossos próprios governos, sempre prontos a intimidar a partir de suas constantes exibições, simbólicas ou não, de força.

“Puna-os como merecem” parece ter sido o lema compactuado por esses impérios da demonstração de superioridade, que eram a um só tempo tão parecidos como diferentes. Esse é, com efeito, um bom exemplo do método de Sahlins, que sempre procura “comparar grandes coisas com coisas pequenas”. Claro que a operação prescreve uma tentativa de minimizar diferenças convencionais entre culturas e favorecer as semelhanças essenciais de suas naturezas. Mas o interessante é o acento a essa ecologia do poder; vislumbrado a partir de um raio-X desses governos sempre dispostos a misturar medo e atração nos povos dominados.

Nesses impérios de signos, a força converte-se em símbolo. Isso não significa dizer que a violência seja “apenas simbólica”; ou que baunenses e atenienses não

empregassem formas coercitivas para subjugar rebeldes e ampliar seu poder. No entanto, tais mecanismos eram deliberadamente aplicados para servir de exemplo, de maneira que a violência era ainda maior, justamente por ser simbólica.

Mas falta mencionar os outros exemplos de Sahlins, que articula, com toques de ginasta, a estratégia de guerra dos Giants de Nova York, na *World Serie* de 1951, com o fenômeno do menino Elián Gonzáles, único sobrevivente de um naufrágio entre refugiados cubanos e que se tornou objeto de disputas internacionais e da comção local.

Esses casos cumpriram o papel de “melodramas históricos”, uma vez que carregariam consigo um excesso de significações simbólicas. Todos eles mostram como a cultura é reelaborada pela história e, por outro lado, como a história se move a partir de elementos da cultura partilhada pelo grupo. Conforme provoca Sahlins, em outro livro, “se a antropologia foi por demasiado tempo o estudo dos ‘povos sem história’, a história andou, por mais tempo ainda, estudando ‘povos sem cultura’”.

Além do mais, esses exemplos parecem ter a função de recuperar – e acalorar – a contraposição desse autor com perspectivas antropológicas mais recentes que praticariam, segundo ele, um ‘terrorismo culturalógico’: a noção de cultura teria ficado cativa da idéia de poder. Sahlins concentra, também nesse novo livro, seu já tradicional ataque ao que vem definindo, ironicamente, como a corrente obsessão foucaulti-gramscinietscheana. Nomeado pelo autor como uma espécie de “buraco negro intelectual”, o conceito inflacionado de poder estaria cum-



prindo o papel de sugar qualquer conteúdo cultural e de transformá-lo em simples “resistência, dominação, colonização, hegemonia e contra-hegemonia”. Dessa maneira, em vez de investigar formas culturais alternativas, encontraríamos apenas, e tão-somente, termos de dominação.

História e cultura traz mais uma vez a verve desse autor, que é também e sempre um grande agitador. Seus exemplos encontram-se a léguas de distância do bom-mocismo atual, e sua escrita aquece sempre a polêmica. Não é por mera coincidência que Sahlins vem acumulando tanto seguidores leais quanto críticos raivosos. Contra eles (ou a favor de si mesmo), o antropólogo costuma rir de suas próprias conclusões. Disse ele em uma cerimônia em que foi recentemente homenageado: “Pelo menos no que concerne à antropologia, duas coisas são certas a longo prazo: uma delas é que estaremos todos mortos; a outra é que estaremos todos errados. Evidentemente uma carreira acadêmica feliz é aquela em que a primeira coisa acontece antes da segunda.”

Lilia Moritz Schwarcz

Departamento de Antropologia,
Universidade de São Paulo

Movimentos sociais, educação e sexualidades

Miriam Pillar Grossi, Simone Becker, Juliana Cavilha M. Losso, Rozeli Maria Porto e Rita de Cassia F. Muller (org.)

Rio de Janeiro, Garamond Universitária, 280 p., R\$ 32

Sexualidade, família e ethos religioso

Maria Luiza Heiborn, Luiz Fernando Dias Duarte, Clarice Peixoto e Myriam Lins de Barros (org.)

Rio de Janeiro, Garamond Universitária, 344 p., R\$ 36

Nas últimas décadas, a sociedade viu-se transformada pela força de grupos sociais antes marginalizados, como mulheres, negros e o movimento hoje conhecido como GLBTT (Gays, Lésbicas, Bissexuais, Transexuais e Transgêneros). Esses novos agentes ocupam hoje papel central na sociedade, com influência decisiva na economia, religião, educação e em quase todas as facetas da vida social. Estes dois livros da coleção 'Sexualidade, gênero e sociedade' são frutos de debates estabelecidos entre pesquisadores, educadores e ativistas no âmbito de seminários internacionais. Ao discutir as alterações religiosas e familiares criadas por essa nova visão da sexualidade ou ao abordar o diálogo possível entre os novos grupos e a academia, as obras nos conduzem até temas centrais desses novos movimentos sociais.

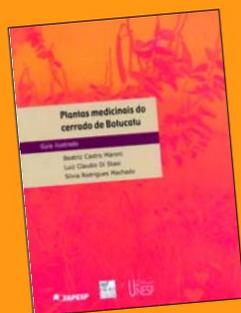


Plantas medicinais do cerrado de Botucatu – Guia ilustrado

Beatriz Castro Maroni, Luiz Cláudio Di Stasi e Sílvia Rodrigues Machado

São Paulo, editora Unesp, 194 p., R\$ 35

Este guia apresenta 72 plantas medicinais do cerrado do município de Botucatu (SP), fornecendo nomes científicos e populares, características morfológicas e informações de uso, ao lado de fotografias que ajudam na identificação das plantas. Segundo maior bioma do Brasil, o cerrado abriga flora rica e ameaçada. Os autores expõem brevemente características da vegetação e geografia locais, além dos principais problemas enfrentados para sua conservação. O livro traz ainda um glossário e uma lista completa de espécies medicinais citadas para a região.

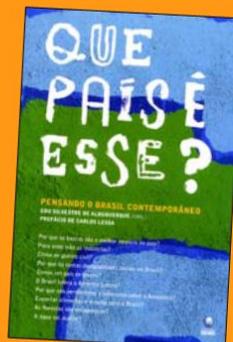


Que país é esse? – pensando o Brasil contemporâneo

Edu Silvestre de Albuquerque (org.)

São Paulo, Ed. Globo, 376 p., R\$ 42

Por meio de artigos de 10 especialistas de diferentes áreas da geografia, este livro busca fazer uma radiografia nacional a partir de uma visão geográfica ou espacial. Na tentativa de responder perguntas pertinentes à compreensão do Brasil contemporâneo, são abordados temas como a ocupação do território, o processo de industrialização, as desigualdades sociais, soberania e meio ambiente. O viés geográfico da obra dialoga com disciplinas correlatas, contribuindo para a interdisciplinaridade e a quebra do monopólio do saber.



De volta ao lago Leite

Cristiane Lasmar

São Paulo, editora Unesp,

288 p., R\$ 36

São Gabriel da Cachoeira é uma cidade amazônica, localizada no alto rio Negro, com 80% de sua população composta por indígenas. A antropóloga Cristiane Lasmar apresenta neste livro, adaptação de sua tese de doutorado, uma etnografia sobre o deslocamento de povos do rio Uaupé (afluente do rio Negro) do 'chão original' – a vida em comunidade e entre parentes – para a diluição nas tramas da cidade. As transformações que ocorrem no modo de vida dos índios, em sua visão sobre si mesmos e no novo tipo de interação com os brancos são alguns dos tópicos abordados na obra. Esta é a primeira publicação da série de monografias produzidas pelo Núcleo de Transformações Indígenas, criado em 2003 no Museu Nacional.



Niro Higuchi

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



O desmatamento insustentável na Amazônia

A informação de que a taxa de desmatamento na Amazônia teria se estabilizado em torno de 24 mil km² por ano foi anunciada de modo efusivo, em maio de 2005, pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente. Que significado tem essa cifra? Há realmente motivo para festejar? São freqüentes as discrepâncias na apresentação de estatísticas, já que é difícil ter uma real dimensão dos números citados. No entanto, é preciso buscar uma compreensão correta dos números e a identificação das causas do desmatamento para que se possa reverter a tendência atual.

No dia 6 de abril de 2005, o jornal de televisão *Bom Dia Brasil* (rede Globo) informou que a área de floresta amazônica desmatada, de agosto de 2003 a julho de 2004, tinha sido de mais de 25 mil km². Em 4 de maio, porém, em entrevista concedida ao jornal *Folha de S. Paulo*, o secretário de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente, o biólogo João Paulo Capobianco, apontou um número distinto – em torno de 24 mil km² – e considerou uma vitória a estabilização do desmatamento anual em 2003-2004. Ele declarou ainda que a estabilização era positiva porque estava vinculada a um período de aquecimento econômico do Brasil, associando, assim, crescimento econômico e desmatamento.

Apenas duas semanas depois, em 18 de maio, na primeira divulgação oficial, pelo governo, dos números do desmatamento amazônico naquele período, a área anunciada foi de 26.130 km². Em reação a esse novo número, o jornalista Marcelo Leite, da *Folha de S. Paulo*, em uma coluna intitulada 'Palhaçada amazônica', fez críticas à comemoração equivocada do secretário. Nessa mesma linha, o jornal *The New York Times* comentou, em seu editorial de 31 de maio, que até o governo

brasileiro havia ficado chocado com o erro de cerca de 10% entre o desmatamento previsto e o “quase confirmado”.

No final de 2005, segundo a *Folha de S. Paulo* de 6 de dezembro, o governo, para anunciar que a devastação na Amazônia havia caído 30% entre 2003-2004 e 2004-2005, apresentou um novo número para o primeiro período. Segundo esse anúncio, a extensão do desmatamento em 2003-2004 teria sido de 27,2 mil km² (em vez dos 26.130 km² apontados antes), caindo para 18,9 mil km² em 2004-2005. A notícia dizia que “a cifra foi comemorada pelo governo, que citou, além do aumento das multas e da fiscalização, a criação de unidades de conservação, homologação de terras indígenas e a limitação administrativa às margens da BR-163” como causas para essa queda.

Além de equivocar-se ao comemorar a estabilização do desmatamento em um nível tão alto (para efeito de comparação, basta dizer que só o estado de Sergipe tem uma área de 22 mil km²), o secretário também se enganou ao associar desmatamento e crescimento econômico. Na entrevista de maio, o secretário lamentava ainda a falta de “um projeto histórico, estratégico, para o ambientalismo brasileiro”, mesmo sa- ▶

Enquanto a queima de combustíveis fósseis, no Brasil inteiro, emite anualmente 65 milhões de toneladas de carbono, o desmatamento na Amazônia Legal é responsável por emissões quase quatro vezes maiores

bendo que o uso dos recursos naturais da Amazônia é disciplinado por normas bem claras.

Os dados históricos sobre o desmatamento da Amazônia (figura 1) mostram que a área média desmatada por ano é de 18.354 km² – a margem de erro de 1.997 km², para mais ou para menos, indica uma estimativa mínima de 16.317 km² e máxima de 21.060 km². Se tomarmos por base essa média, o desmatamento tem sido extremamente elevado e crescente nos últimos sete anos. A derrubada total na região (área acumulada até 2006) alcança 668.905 km² – apenas corte raso de florestas primárias, sem incluir, por exemplo, áreas degradadas pela extração de madeira. Esse desmatamento acumulado representa 13% da Amazônia Legal e mais de 30 vezes a área do estado de Sergipe.

Além do prejuízo direto da perda da floresta, o desmatamento provoca emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global da atmosfera. A área média desmatada por ano na Amazônia representa uma emissão de 190 milhões de toneladas de carbono. Se for considerada a área desmatada em 2003-2004 (a menor das três, anunciada e comemorada pelo secretário), a emissão passa a ser de 240 milhões de toneladas. Assim, enquanto a queima de combustíveis fósseis, no Brasil inteiro, emite anualmente 65 milhões de toneladas de carbono, o desmatamento na Amazônia Legal é responsável por emissões quase quatro vezes maiores. No entanto, os estados da região, somados, geram apenas 16% do produto interno bruto (PIB) brasileiro, e o índice de desenvolvimento humano de

quase todos está abaixo da média nacional (figura 2). O desmatamento, portanto, não tem gerado riquezas para a região e, tampouco, desenvolvimento social: apenas um estado (Amazonas) tem PIB *per capita* superior ao nacional, e um (Mato Grosso) tem índice de desenvolvimento humano (IDH) maior que a média do país. Não há o que comemorar.

Uma análise estatística baseada nos dados históricos sobre a derrubada da floresta (de 1978 a 2004), buscando relacionar, em 16 anos diferentes, a área desmatada e o aumento do PIB brasileiro, revela uma correlação entre essas duas variáveis de 0,37 (em uma escala de -1 a 1), com nível de significância de 0,15, ou 15% (esse índice mostra a confiabilidade de um resultado estatístico, e só são considerados confiáveis níveis inferiores a 5%). Assim, não se pode afirmar, categoricamente, que há correlação entre desmatamento e aumento do PIB. Esse resultado é uma ótima notícia para o Brasil. Caso se confirmasse essa correlação, proteger a floresta seria o mesmo que condenar a Amazônia a não crescer, reforçando o chavão “projeto que conserva a natureza conserva também a pobreza”. Ao contrário, mostra que o desmatamento da Amazônia não é, como muitos dizem, apenas reflexo do crescimento econômico do país, e que a região poderia se desenvolver e gerar riquezas mesmo com a proteção da floresta.

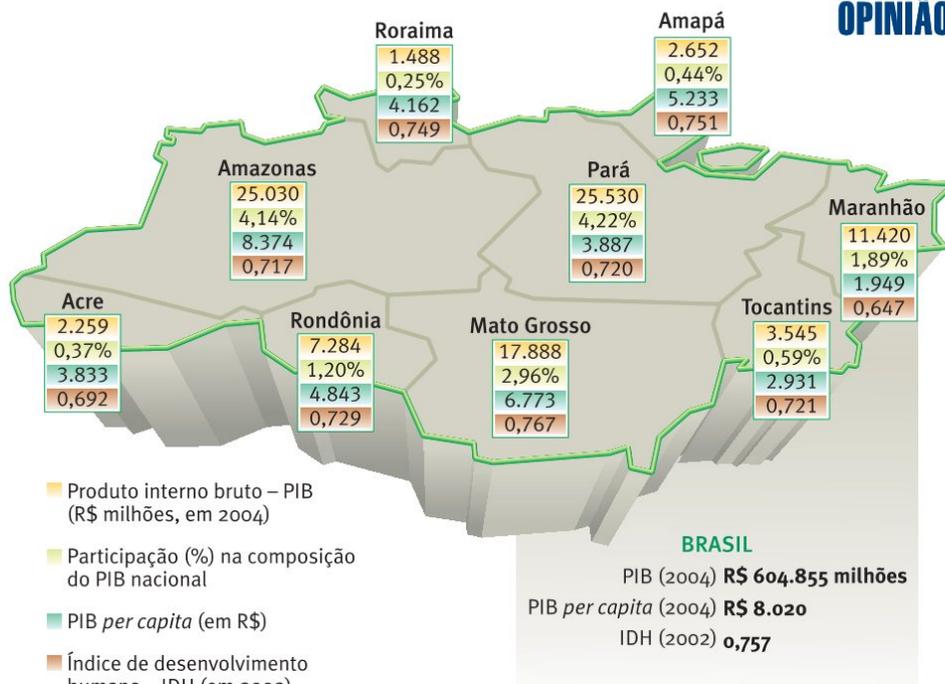
Quanto à afirmação de que o país não tem projetos históricos e estratégicos para o ambientalismo, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) afirma, em sua página na internet, que a Constituição de 5 de outubro de 1988 foi decisiva para a formulação da nossa política ambiental: “Pela primeira vez na história de uma nação, uma Constituição dedicou um capítulo inteiro ao meio ambien-

Figura 1. Desmatamento bruto anual (em km²) na Amazônia brasileira, entre 1978 e 2005



FONTE: INPE

Figura 2. O mapa mostra, para cada estado da Amazônia Legal, em 2004, o produto interno bruto (PIB – em R\$ milhões), a participação (%) na composição do PIB nacional e o PIB *per capita* (em R\$), além do índice de desenvolvimento humano (em 2002)



FONTE: IPIB E IBGE

te, dividindo entre o governo e a sociedade a responsabilidade pela sua preservação e conservação”.

Em 1988, quando foi publicada a primeira avaliação oficial sobre o desmatamento na Amazônia, entre 1978 e 1987, a taxa média do período foi de 21.050 km². Diante das críticas de ambientalistas e organismos internacionais, a resposta do governo foi o programa Nossa Natureza, de que resultou a criação do Ibama (Lei nº 7.735 de 22/02/89), a partir da fusão de quatro entidades que atuavam na área ambiental: a Secretaria do Meio Ambiente (Sema), a Superintendência da Borracha (Sudhevea), a Superintendência da Pesca (Sudepe) e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF).

Coincidência ou não, a partir daí o desmatamento anual diminuiu, atingindo o mínimo histórico de 11.030 km² em 1991, véspera da Conferência Internacional do Meio Ambiente realizada no Rio de Janeiro (Rio-92). Já em 1992, porém, o desmatamento voltou a subir, até chegar ao máximo histórico de 29.059 km² em 1995. Para conter essa escalada, o governo alterou, por meio de medida provisória, em agosto de 1996, o Código Florestal, ampliando a reserva legal (parcela da floresta existente em uma propriedade que não pode ser desmatada) de 50% para 80% em projetos agropecuários (a medida provisória foi reeditada 67 vezes, a última em agosto de 2001). O desmatamento voltou a cair, mas esse alívio durou apenas dois anos.

Além dessas ações históricas e

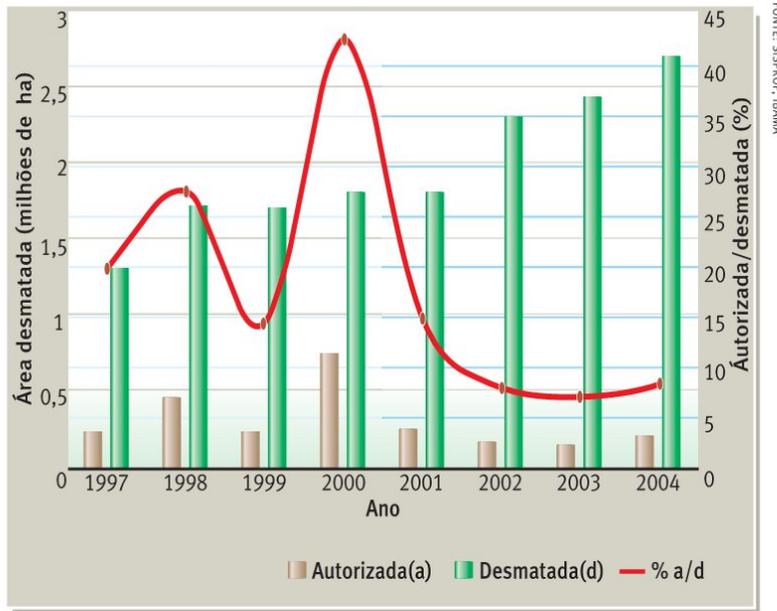
estratégicas para o ambientalismo brasileiro, várias leis que protegem a floresta amazônica foram regulamentadas (o que permite que entrem, de fato, em vigor) a partir de 1988. Como exemplos, podem ser citados os artigos 15 (sobre manejo florestal) e 44 (sobre corte raso da floresta) do Código Florestal e a lei de crimes ambientais (Lei nº 9.605 de 12/02/98). Existem ainda importantes projetos em andamento para o controle do desmatamento, como o de Monitoramento Sistemático do Desflorestamento da Amazônia (Prodes), o Programa de Monitoramento de Queimadas e Prevenção de Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento da Amazônia (Proarco) e o de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (Deter). Há também um imenso projeto de pesquisa, o Experimento de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (conhecido como LBA), que busca entender o funcionamento, em condições naturais, de seus vários ecossistemas e os impactos causados pelas ações humanas. Além desses, há o Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam), que pode desempenhar papel impor-

tante no monitoramento ambiental da região.

Os poderes públicos têm demonstrado pouca eficácia na fiscalização e no controle de acesso aos recursos florestais da Amazônia. Entre o ano de 1997 e 2004, o Ibama autorizou, em média, apenas 17,4% (com margem de erro de 8,4% para mais ou para menos) daquilo que foi, de fato, desmatado por ano, como pode ser calculado com base nos dados brutos contidos no Sistema Integrado de Controle e Monitoramento dos Recursos e Produtos Florestais (Sisprof), do próprio Ibama. Portanto, o desmatamento não autorizado correspondeu, em média, a 82,6% do realizado. O melhor desempenho ocorreu em 2000, quando o Ibama autorizou 42% do desmatamento registrado, e os piores aconteceram nos últimos três anos avaliados: 2002, 2003 e 2004 (figura 3).

No caso da produção de madeira, a situação não é diferente. Do total de madeira colocado no mercado nos anos de 1997, 1998, 2000 e 2001, em média 17% foram extraídos com Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), ▶

Figura 3. Comparação entre o desmatamento autorizado e o não-autorizado, entre 1997 e 2004, na Amazônia



FONTE: SISPROF, IBAMA

20% vieram de desmatamento autorizado e 63% não têm procedência definida (figura 4). Em 1997, dos 27,8 milhões de m³ de madeira produzidos na Amazônia, 7,1% tinham plano de manejo, 19,2% foram extraídos com autorização oficial e 20,5 milhões não tinham procedência definida. Em 1998, para uma produção de 24,5 milhões de m³, as parcelas foram, respectivamente, de 14,6%, 22% e 63,4%. Em 2000, a produção foi de 27,85 milhões de m³ e as parcelas de 14,9%, 19% e 66,2%. Em 2001, a produção alcançou 28,27 milhões de m³ e as parcelas ficaram em 30,6%, 19,7% e 49,7%.

Os números em que se basearam esses cálculos foram obtidos com base em dados do Sisprof (estatísticas de planos de manejo aprovados em 2000 e 2001), de trabalho do engenheiro florestal Antonio Carlos Hummel (estatísticas referentes a 1997 e 1998), de trabalho publicado em 1999

na revista *Nature* pelo ecólogo norte-americano Daniel Nepstad e colaboradores (produção anual de madeira em toras em 1997) e da página na internet da Organização de Madeiras Tropicais.

Com esse quadro, é muito difícil dizer que há manejo florestal sustentável na Amazônia. Essa situação não se modificou nos últimos anos. Em 2003 e 2004, graças a uma fiscalização mais rigorosa, vários PMFS foram suspensos ou cancelados, mesmo tendo o selo da certificação florestal. Isso persistiu até que o Ibama aprovou, em portaria de novembro de 2005, o modelo de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), dando novos prazos para a correção das irregularidades.

A correlação estatística entre a produção de madeira e o desmatamento em 2002, em cada

estado da Amazônia, foi positiva (0,99) e altamente significativa ($< 0,0001$), o que indica que a exploração madeireira ajuda a aumentar o desmatamento. A madeira funciona como pré-investimento para projetos agropecuários e a sua extração diminui o esforço de preparação do solo.

Apesar da confusão nas estatísticas nacionais e em sua interpretação, boa vontade e profissionalismo permitiram identificar as causas do desmatamento, levando em conta fatores como o clima e a dimensão humana. Neste momento, mais importante do que atribuir responsabilidade à falta de gerenciamento nos órgãos ambientais é entender as causas do desmatamento, saber que direção este pode tomar no futuro e tomar medidas preventivas. Sem isso, a cada ano, até a completa destruição da floresta amazônica, a área desmatada será sempre uma surpresa.

Apesar da confusão nas estatísticas e em sua interpretação, as causas do desmatamento poderiam ser identificadas com boa vontade e profissionalismo. Para entender as causas, devem ser consideradas as variáveis do clima e da dimensão humana. O desafio é entender a direção que o desmatamento pode tomar no futuro. Sem entender as causas, essa previsão será aleatória. Com base na dinâmica do desmatamento no período de 1978-2006, a evolução do desmatamento, de agosto de 2006 a julho de 2007 (figura 5), considerando um intervalo de confiança (nível de probabilidade) de

Figura 4. Procedência da madeira produzida na Amazônia (em m³ equivalentes em tora), na soma dos anos de 1997, 1998, 2000 e 2001

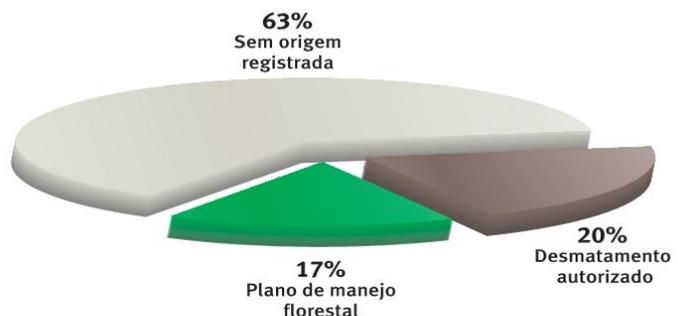
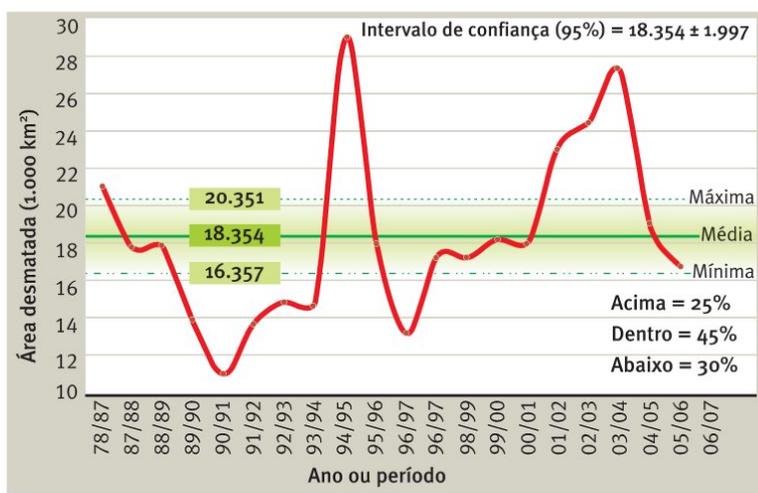


Figura 5. Previsão da área desmatada para período de agosto de 2006 a julho de 2007, com base na série histórica de desmatamento de 1978 a 2005 (e com intervalo de confiança de 95%)



95%, tem 25% de chances de ficar acima da estimativa máxima provável (maior que 20.351 km²), 30% de ficar abaixo da estimativa mínima provável (menor que 16.357 km²) e 45% de ficar dentro do intervalo de confiança (de 16.357 a 20.351 km²).

É preciso montar um grupo de especialistas para estudar o problema e responder a diversas questões. O controle da aprovação e da fiscalização de projetos de uso do solo deve continuar nas mãos de apenas um órgão? Seria eficaz delegar, a órgãos estaduais de meio ambiente, por

convênios, a responsabilidade de aprovar e acompanhar projetos? É preciso contratar mais pessoal para o combate ao desmatamento, no Ibama e nos órgãos conveniados? Como melhorar o treinamento do pessoal da área ambiental, em todos os níveis?

A estabilização do desmatamento, seja dentro do intervalo de confiança ou abaixo da estimativa mínima provável, não é bem-vinda e não deve ser comemorada. A meta tem de ser uma redução, ano a ano, até que seja possível zerar a derrubada da floresta. ■

Produzir conhecimento para **transformar.**

"Stricto Sensu" (mestrado)
Comunicação e Cultura
Educação

"Lato Sensu" (especialização)
Ciências Biológicas e da Saúde
Ciências Exatas e da Terra
Ciências Humanas
Ciências Sociais Aplicadas



CIÊNCIA DOS MATERIAIS Fibra de árvore brasileira é eficiente para limpar vazamentos de petróleo

As vantagens da paina

Os derramamentos de petróleo em águas marinhas ou fluviais costumam provocar graves danos ambientais.

Como é impossível evitar totalmente os acidentes, os cientistas buscam opções para a limpeza das áreas atingidas. Estudo feito com uma fibra vegetal brasileira, a paina, revelou que esse material tem alta capacidade de sorção de óleo, além de baixo custo, em comparação com alguns sorventes comerciais usados atualmente. Por **Teoli R. Anunciado**, **Thais H. D. Sydenstricker** e **Thiago F. Bonetti**, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, e **Sandro C. Amico**, do Departamento de Engenharia dos Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Desastres ecológicos gerados pelo derramamento de petróleo acontecem com frequência no mundo. No Brasil, por exemplo, o rompimento de um oleoduto causou o derramamento de cerca de 1,3 milhão de litros de óleo na baía de Guanabara, no Rio de Janeiro em janeiro de 2000. O óleo que vazava de tanques, oleodutos ou navios, em acidentes, ou que é lançado diretamente no mar quando motores e reservatórios de embarcações são lavados, compromete a vida marinha ou fluvial, ameaça o abastecimento de água e causa grande prejuízo às atividades de pesca, turismo e lazer.

Por ser menos denso que a água, o petróleo flutua sobre esta. Esse tipo de poluição tem um efeito dramático sobre o ambiente contaminado, pois o petróleo e seus subprodutos, ao formar um filme insolúvel na superfície, prejudicam a aeração e a iluminação natural do ambiente aquático, com consequên-

cias nocivas para a fauna e a flora locais. Além disso, em geral o óleo derramado atinge regiões litorâneas, afetando outros organismos, que vivem nos ambientes costeiros, e ainda impossibilita a utilização das praias por banhistas.

No mar, as algas flutuantes são as principais fornecedoras de alimento para os primeiros elos das cadeias alimentares. O petróleo derramado, ao reduzir a entrada de luz, diminui a taxa de fotossíntese das algas e, em consequência, a oxigenação da água. Além disso, o óleo adere às guelras dos peixes, impedindo-os de respirar, e às penas das aves aquáticas, que por isso não conseguem voar.

Uso de materiais sorventes

A limpeza do óleo derramado em ambientes aquáticos é normalmente lenta e difícil. Em geral, o óleo é inicialmente retirado por bombas e em seguida as



Figura 1. Diferentes sorventes comerciais na forma livre: celulose (A) e distintos tipos de turfas (B e C)

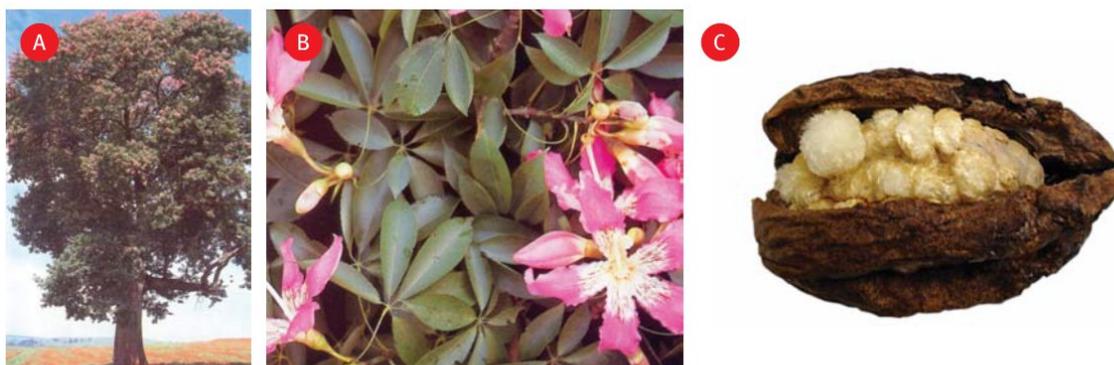


Figura 2. A paineira (*Chorisia speciosa*) (A), árvore encontrada em várias partes do Brasil, tem flores róseas (B) e frutos em forma de cápsulas (C), que se abrem para liberar as sementes e a paina

áreas afetadas passam por uma recuperação mais minuciosa, com o uso de materiais sorventes. Esses materiais têm a capacidade de se impregnar de líquido, atuando como absorventes, adsorventes ou ambos – nos absorventes, o óleo penetra nos poros da estrutura do material, enquanto nos adsorventes o óleo é atraído e adere à sua superfície.

Entre as características essenciais para que um material seja um bom sorvente para uso em derramamentos de petróleo estão alta capacidade de sorção de óleos, boa fluotabilidade em água, alta hidrofobicidade (pouca afinidade com a água), possibilidade de reutilização, biodegradabilidade e custo acessível. O material sorvente ideal também deve poder ser produzido na forma de mantas e barreiras de superfície, que permitam seu emprego de maneira prática, rápida e eficiente.

Os sorventes comerciais de melhor desempenho usados hoje em derramamentos de óleos em águas são os polímeros sintéticos, plásticos não biodegradáveis produzidos a partir de matérias-primas obtidas usualmente de fontes não renováveis, em geral o próprio petróleo. Alguns sorventes vegetais também são utilizados, porque aumentam a velocidade de degradação do óleo derramado, o que auxilia no controle posterior da poluição, e são ainda materiais obtidos de fonte renovável e a custos menores. Atualmente, os sorventes vegetais comerciais mais empregados são fabricados a partir da celulose ou da turfa (figura 1). A celulose é o principal constituinte das paredes das células vegetais, e a turfa é um material esponjoso, constituído de restos vegetais em variados graus de decomposição, que se forma (dentro da água, em locais com escassez de oxigênio) em áreas pantanosas. É abundante em países com temperaturas mais baixas (como o Canadá), mas alguns tipos também podem ser encontrados no sul do Brasil, como é o caso da salvínia.

As universidades federais do Paraná (UFPR) e do Rio Grande do Sul (UFRGS) vêm desenvolvendo um

novo sorvente vegetal para o controle e remediação de derramamentos de petróleo em corpos hídricos. Esse sorvente é fabricado a partir da paina, o tufo de fibras brancas que envolve as sementes da paineira (*Chorisia speciosa*), árvore também conhecida pelos nomes de barriguda, paina-de-seda, paineira-branca, paineira-rosa, árvore-de-paina, árvore-de-lã ou paineira-fêmea.

A paineira (figura 2) pode alcançar até 30 m de altura e é muito utilizada em paisagismo por causa das atraentes flores rosadas. Seu fruto é constituído por uma cápsula globulosa que contém numerosas sementes envoltas pela paina. No Brasil, a paineira pode ser encontrada principalmente nos estados de Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, florescendo entre meados de dezembro e abril. A maturação dos frutos ocorre nos meses de agosto e setembro com a árvore totalmente sem folhas.

O bom desempenho da paina

Os testes com a paina foram desenvolvidos de três maneiras diferentes: em sistemas seco, estático e dinâmico (agitado). No caso do sistema seco, 0,1 g da paina foi colocada em contato direto com 50 ml de óleo, a uma temperatura de 20°C, durante 60 minutos. O óleo utilizado tinha viscosidade (resistência ao escoamento) de 34 centipoises (cP) e densidade de 0,887 g/cm³. As fibras foram retiradas, drenadas durante cinco minutos e pesadas. A sorção foi expressa na forma de quantidade de óleo sorvido por massa seca (S_o) do material sorvente, de acordo com a equação: $S = (S_1 - S_o) / S_o$, onde S_1 é a massa das amostras após a sorção de óleo.

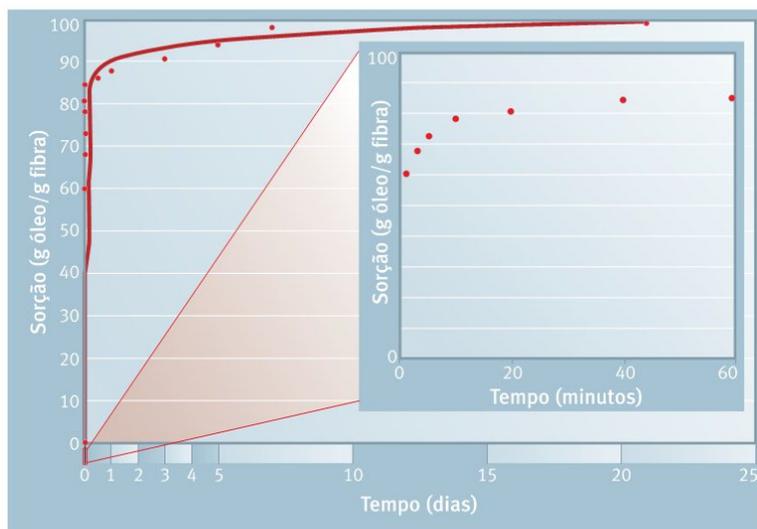
Nos testes em sistema estático, em um recipiente (copo Becker) contendo 80 ml de água a 20°C, deionizada (sem íons) e neutra (com pH igual a 7), foram adicionados 20 ml de óleo e, em seguida, 0,1 g de paina. O experimento foi monitorado por até 21 dias. No sistema dinâmico utilizou-se a mesma metodo-

Figura 3. Os ensaios de sorção realizados em água doce (com óleo) a 20°C, por até 21 dias (no detalhe, a primeira hora de sorção), revelaram que a maior parte do óleo é sorvida rapidamente pela paina

logia do sistema estático, mas com agitação (cerca de 500 rotações por minuto) através de um agitador magnético.

A sorção máxima de óleo alcançada pela paina foi de 99 g de óleo por grama de sorvente, em 21 dias, em sistema estático (figura 3). No entanto, 85% (cerca de 85 g/1 g de paina) desse valor máximo já são atingidos em apenas 40 minutos de uso desse sorvente. Portanto, em uma situação de derramamento de óleo, manter a paina durante uma hora na água poluída já é suficiente para alcançar um grande potencial de remoção.

Quanto mais viscoso for o óleo ou mais baixa a temperatura de aplicação da paina em um derramamento de óleo, maior tende a ser a capacidade de sorção do material. Em uma hora de teste em água doce neutra, por exemplo, a paina na forma livre, ou seja, ao natural, tem sua capacidade de sorção aumentada de 85,2 g para 98,9 g de óleo por grama



do material quando a temperatura é reduzida de 20°C (viscosidade de 34 cP) para 5°C (viscosidade de 94 cP). Para óleos mais pesados, a sorção aumenta – no caso do óleo de xisto, com viscosidade de 268 cP (a 22°C), por exemplo, a sorção medida foi de 109,8 g de óleo por grama de sorvente.

Essa característica diferencia a paina de turfas e serragens, outros sorventes usados para o mesmo fim. Nessas últimas, a capacidade de sorção tende a diminuir quando esses materiais são aplicados na limpeza de óleos mais viscosos ou em locais muito frios. Isso acontece por causa da estrutura porosa desses materiais. Já as fibras da paina, muito finas e emaranhadas, possibilitam a formação de filmes de óleo entre elas, o que pode explicar sua alta capacidade de sorção. O teor de ceras (1,5%) na superfície das fibras de paina – elevado, se comparado ao de outras fibras vegetais – também favorece a sorção de óleo, pois possibilita uma alta afinidade deste com a paina.

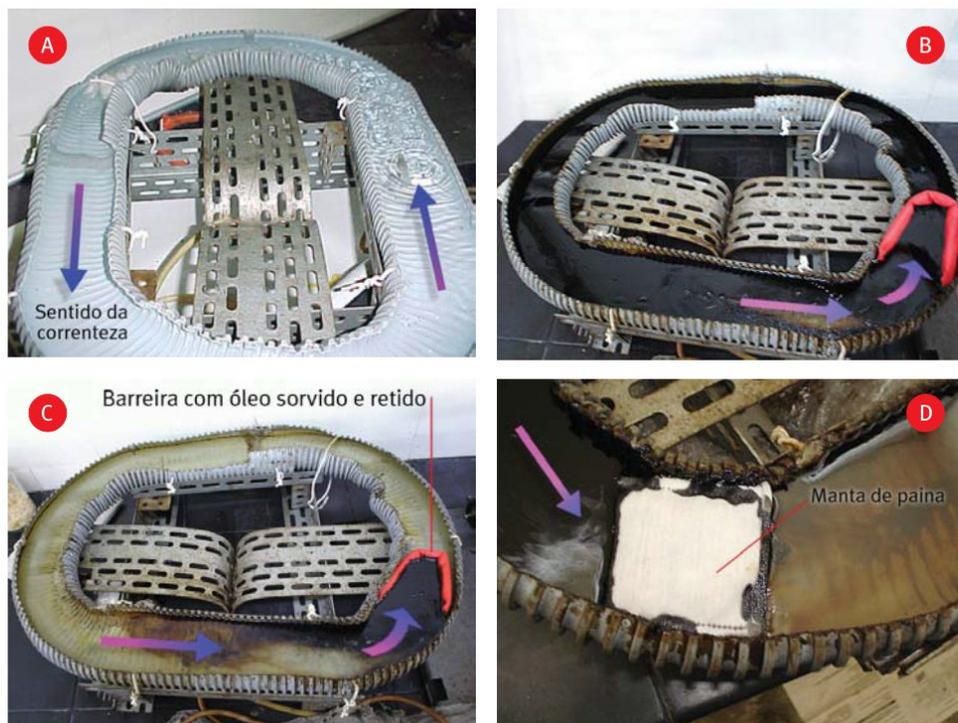


Figura 4. Testes com mantas e barreiras de paina foram realizados em um corpo hídrico simulado (A) (as setas indicam o sentido da correnteza) – o óleo adicionado espalhou-se rapidamente na superfície (B), mas 15 minutos depois da aplicação da barreira (C) ou da manta (D) a água já mostrava grande clareamento

O estudo envolveu ainda a elaboração de pequenas mantas (7 x 7 cm), com 0,5 g da fibra recoberta por tecido de algodão cru, e de pequenas barreiras tubulares (0,6 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento) com a fibra e o mesmo tecido. Mantas e barreiras foram então testadas em um modelo simplificado de um rio, construído com estruturas plásticas e com uma bomba para simular a correnteza (figura 4). Por esse modelo circulavam 3 litros de água, à qual foram adicionados 30 ml de óleo, que se espalhou rapidamente na superfície do 'rio'. Testes de sorção nesse corpo hídrico simulado indicaram que a água começou a clarear menos de 5 minutos após a aplicação da barreira ou da manta, e que em 15 minutos o clareamento já era bem evidente.

A comparação entre a sorção de óleo (em 1 hora) da paina, da celulose e de duas turfas na forma livre (no sistema seco) e na forma de mantas e de barreiras

(no corpo hídrico simulado) revela que os produtos do primeiro material têm desempenho muito superior ao desses produtos comerciais (figura 5). A paina apresenta ainda outra vantagem: a baixa sorção de água. Nas fibras vegetais, em geral, a sorção de água pode chegar a até 50% da sorção total. Por isso, o teor de água sorvida junto com o óleo também foi avaliado para a paina e alguns sorventes comerciais, em sistemas estáticos ou com agitação, e os resultados indicam que essa fibra tem ótimo desempenho, pois a água representa apenas em torno de 4% da sorção total (figura 6) – esse teor é próximo do medido para a celulose e muito menor que o das turfas.

A densidade é outra característica importante dos sorventes usados em meios aquosos, pois é preciso que estes não afundem quando impregnados de óleo, para que possam ser recolhidos e efetivamente contribuam para a limpeza do ambiente. Assim, outras fibras vegetais, como a serragem, podem ser usadas na limpeza de óleo em áreas secas, mas em sistemas aquosos elas afundam, quando impregnadas, poluindo ainda mais. A paina, porém, tem densidade muito baixa (menor que 0,6 g/cm³), o que faz que continue flutuando, em ambientes marinhos ou fluviais, mesmo após a sorção do óleo.

A paina também mostrou excelente capacidade de sorção em água marinha artificial. Nesse meio,

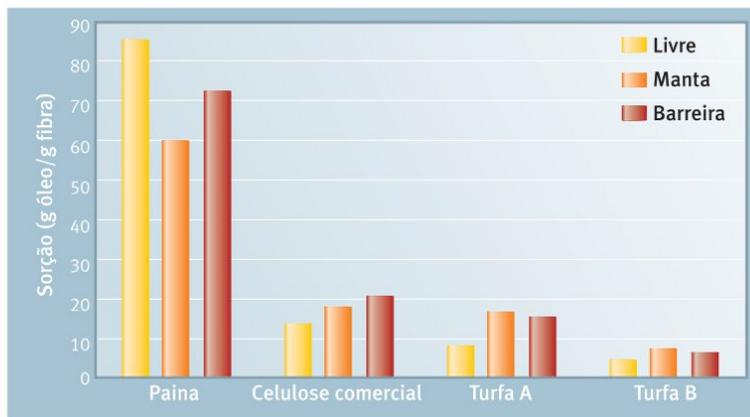


Figura 5. Sorção alcançada em uma hora pela paina e por alguns produtos comerciais nas formas livre, de manta e de barreira

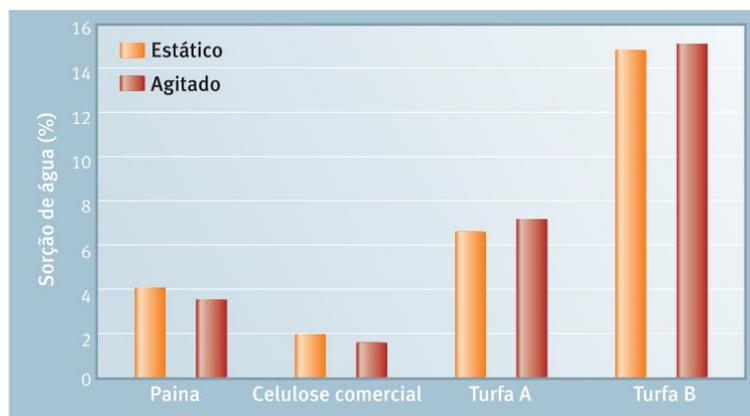


Figura 6. Teor de água sorvida em testes de sorção em sistemas óleo/água para a paina e para sorventes comerciais na forma livre

a sorção média em uma hora variou de 85,2 para 82,8 g de óleo por grama de paina (dentro do erro experimental) no sistema estático, e de 77,6 para 77,5 g/g no sistema dinâmico. Isso significa que o tipo de água não influencia significativamente a sorção da paina – mais detalhes em *Marine Pollution Bulletin* (v. 50-11, p. 1.340-1.346, 2005).

Uma alternativa vantajosa

Assim, o alto potencial da paina como material sorvente foi evidenciado pela excelente e rápida capacidade de sorção de óleo, alta flutuabilidade em meios hídricos, baixa sorção de água, abundância em vários estados brasileiros e baixo custo. Esse custo é estimado em torno de R\$ 60 por quilo do material, bastante vantajoso em comparação com os atuais produtos comerciais, cujo preço (a granel) é normalmente superior a R\$ 110 por quilo. As amostras de mantas e barreiras de paina de *C. speciosa* também apresentaram excelente resultado, com desempenho bastante superior ao dos sorventes comerciais vegetais e similar mesmo ao de sorventes sintéticos. Portanto, é grande o potencial de utilização comercial da paina em corpos hídricos marinhos ou fluviais, o que levou os pesquisadores a fazer o depósito da patente do material nas formas livre, de manta e de barreira. ■

Falsos, absurdos, imaginários?

Os números negativos e as raízes de números negativos, embora tolerados por sua utilidade prática na realização de cálculos, viveram durante longo tempo em uma espécie de limbo, sem serem considerados quantidades rigorosas. Só na virada do século 18 para o 19 é que começaram a surgir diferentes representações geométricas para esses números, o que garantiu sua plena aceitação no universo dos números. Um dos principais responsáveis pela solução do problema é o matemático suíço Jean-Robert Argand (1768-1822), que publicou em 1806, nos *Annales de Mathématiques de Gergonne*, o “Ensaio sobre um modo de representar as quantidades imaginárias nas construções geométricas”. Apesar de sua importância, esse trabalho só veio a se tornar conhecido em 1813.

O que chamamos hoje ‘diagrama de Argand’, ou ‘diagrama de Argand-Gauss’, é uma representação geométrica dos números complexos. Mas o que são números complexos? Não se trata de números ‘muito complicados’, como a nomenclatura pode sugerir. É possível chegar a eles a partir da equação $x^2+1=0$. Qual seria a raiz dessa equação? Se escrevermos $x^2=-1$, x será o número que multiplicado por ele mesmo dá -1 . Se $1 \times 1 = 1$ e $-1 \times -1 = 1$, que número seria esse? Podemos escrevê-lo como $\sqrt{-1}$. Mas que sentido tem essa notação? Pela definição de raiz quadrada, sabemos que “a raiz de um número n é o número que multiplicado por ele mesmo dá n ”; logo, a raiz quadrada de -1 não existe!

O mesmo problema aparece quando tentamos resolver outras equações. Dada uma equação do segundo grau $ax^2+bx+c=0$, sabemos que há uma fórmula para encontrar suas duas raízes:

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Quando tentamos aplicar essa fórmula a qualquer equação na qual $b^2 - 4ac < 0$, devemos também extrair a raiz quadrada de uma quantidade negativa. Se essa raiz não existisse, teríamos uma limitação que poderia comprometer a tão prezada generalidade do universo das equações, bem como do método desenvolvido para resolvê-las. Sendo assim, insistimos na pergunta: números que envolvem $\sqrt{-1}$, ou raízes de números negativos em geral, existem ou não existem?

Chamamos hoje de ‘números complexos’ os números que podem ser escritos na forma $a \pm b\sqrt{-1}$, onde a e b são números reais. No entanto, antes de serem aceitos no universo dos números, ou seja, antes de adquirirem plena ‘cidadania matemática’, foram necessários trabalhos de matemáticos de diversas épocas e de diferentes países.

Normalmente, um objeto matemático não existe por si só, como uma árvore ou uma folha de papel. Para que exista, é preciso adquirir existência por meio de alguma forma de expressão matemática. A representação geométrica é uma dessas formas, e foi a necessidade de ‘realizar’ geometricamente os

Há 200 anos

objetos matemáticos controversos, como raízes de números negativos, que motivou Argand a propor seu diagrama.

Só no século 17 foi possível expressar a fórmula para encontrar raízes de equações do segundo grau no modo simbólico escrito acima, pois nessa época foram introduzidos símbolos para representar os coeficientes genéricos de uma equação. No entanto, procedimentos particulares – equivalentes à fórmula, mas para equações específicas – já eram utilizados desde muito antes. Tratava-se de procedimentos que já tinham caráter algébrico, ainda que fossem sempre encarados em estreita ligação com métodos geométricos.

Desde a Idade Média, quando a álgebra conheceu um intenso desenvolvimento, colocava-se o problema do estatuto das raízes de números negativos que apareciam em procedimentos de resolução de equações, pois eles esbarravam em dificuldades análogas às que exemplificamos anteriormente. Aliás, essas dificuldades não diziam respeito apenas às raízes, mas aos próprios números negativos. É claro que, se identificamos números a quantidades que aparecem no processo de contagem, não faz sentido falar em ‘números negativos’. Mas números desse tipo também apareciam na resolução de equações e eram chamados, assim como suas raízes, de números ‘impossíveis’, ‘absurdos’, ‘falsos’ ou ‘imaginários’, nomenclaturas que exprimem bem a confusão que causavam na mente dos matemáticos da época.

Embora toleradas por sua utilidade prática na realização de cálculos, essas quantidades não eram consideradas rigorosas. Só no final do século 18 e início do 19 é que começaram a ser sugeridas diferentes representações geométricas para os números negativos e complexos, o que garantiu sua plena aceitação no universo dos números. Vejamos como o problema foi resolvido por Argand no artigo de 1806.

A balança

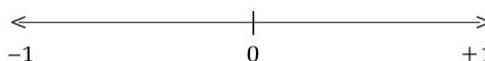
Começa-se por tratar das quantidades negativas, uma vez que elas não podiam ser rejeitadas, sob o risco de termos de questionar diversos resultados algébricos importantes. Tomemos as grandezas a , $2a$, $3a$, $4a$ etc. É evidente que podemos acrescentar grandezas ao infinito. Mas e a operação inversa? Podemos subtrair a grandeza a de cada um dos termos anteriores, obtendo $3a$, $2a$, a , 0 . E depois, como prosseguir? Que sentido atribuir à subtração $0 - a$? Os termos que seguem só podem existir na imaginação, sendo, por isso, ditos ‘imaginários’. Mas Argand irá propor uma construção capaz de assegurar alguma ‘realidade’ a esses termos.

Imaginemos uma balança com dois pratos A e B. Acrescentemos ao prato A as quantidades a , $2a$, $3a$, $4a$ e assim sucessivamente, fazendo com que

a balança penda para o lado do prato A. Se quisermos, podemos retirar uma quantidade a de cada vez, restabelecendo o equilíbrio. E quando chegamos a 0? Podemos continuar retirando essas quantidades? Sim, diz Argand; basta acrescentá-las ao prato B. Ou seja, introduz-se aqui uma noção relativa do que significa ‘retirar’: retirar do prato A significa acrescentar ao prato B. Desse modo, as quantidades negativas puderam deixar de ser ‘imaginárias’ para se tornar ‘relativas’.



A idéia de relação entre grandezas assim introduzida por Argand inclui: a idéia de uma relação numérica, que depende dos valores absolutos das grandezas, e a idéia de uma relação de direção, que pode ser de identidade ou oposição. Argand faz com que as quantidades negativas se tornem ‘reais’ reunindo as noções de ‘quantidade absoluta’ e de ‘direção’, como se vê na figura abaixo. Observamos que, quando ele dizia que os números negativos (ou imaginários) podiam, com essa representação, tornar-se ‘reais’, ele empregava o termo em seu sentido usual; não no sentido matemático, que se refere aos ‘números reais’, que só foram assim denominados após a época de que estamos tratando.



A representação proposta por Argand permite atribuir um sentido às operações com os números negativos, como por exemplo à multiplicação por -1 , que passa a ser vista como uma reflexão em relação à origem. Isso possibilita entender mais facilmente por que $-1 \times -1 = +1$, pois basta observar que, após a reflexão de -1 em relação à origem, obtém-se $+1$.

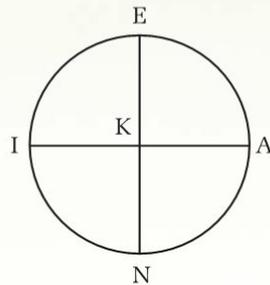
Mas será possível obter o mesmo sucesso para as raízes dos números negativos, quantidades também consideradas ‘imaginárias’? Estabelecida uma representação para as grandezas relativas (positivas e negativas) como grandezas direcionadas, Argand analisa as possibilidades de relação de proporção entre essas grandezas, obtendo que: ▶

$$+1 : +1 :: -1 : -1$$

(+1 está para +1 assim como -1 está para -1)

$$e +1 : -1 :: -1 : +1$$

Sabemos que a média proporcional entre grandezas de mesmo sinal é +1 ou -1, pois se $-1 : +x :: +x : -1$ ou $+1 : +x :: +x : +1$, a quantidade x deve ser +1 ou -1. Cabe perguntar em seguida: como seria possível determinar a média proporcional entre duas grandezas de sinais diferentes? Argand investiga, então, as grandezas que satisfazem à proporção $+1 : +x :: +x : -1$ e encontra a resposta através do seguinte diagrama:



Os segmentos KA e KI são entendidos, respectivamente, como segmentos direcionados de K para A e de K para I e representam as grandezas unitárias positiva e negativa, ou seja, +1 e -1. Em seguida, traça-se uma perpendicular EN à reta que une I a A. O segmento KA está para o segmento direcionado KE, assim como KE está para KI; e KA está para o segmento direcionado KN, assim como KN está para KI. Logo, a condição de proporcionalidade exigida acima para a grandeza x é satisfeita por KE e KN. As grandezas geométricas que satisfazem à proporção requerida são, portanto, KE e KN, que podem ser vistas como representações geométricas de $+\sqrt{-1}$ e $-\sqrt{-1}$.

Lembramos que a representação dos números negativos decorreu da concepção de uma oposição entre duas direções, estabelecida a partir de um ponto neutro definido como ponto 0. Na balança de Argand, o 0 pode ser visto como ponto de apoio entre os braços. Esse 0 não é propriamente um 'nada', nem o número negativo é um 'menos que nada'; o 0 é o referencial que permite a escolha de uma direção que tornará um número positivo ou negativo. Para a representação das quantidades imaginárias, obtemos o mesmo sucesso combinando as idéias de grandeza absoluta e de direção, mas a direção não é mais dada somente como uma oposição, pois a proporção impõe a +1 estar para +x como essa quantidade está para -1. Portanto, a direção, nesse caso, deve ser uma perpendicular. A multiplicação por $\sqrt{-1}$ deve ser entendida agora como uma rotação.

A representação geométrica proposta por Argand forneceu a intuição que faltava para que os números 'imaginários' fossem plenamente aceitos no universo dos números. Foi, aliás, uma representação como essa que levou o matemático e físico alemão Carl Gauss (1777-1855) a sugerir que esses números não mais fossem denominados 'imaginários', e sim 'complexos'. Números imaginários são definidos hoje como uma parcela dos números complexos, exatamente a que envolve $\sqrt{-1}$, raiz designada hoje, também por sugestão de Gauss, pelo símbolo i .

Noção de vetor

Quando, em 1831, Gauss publicou o que denominava "metafísica das grandezas imaginárias", ele já era um matemático de renome e bastante respeitado, diferentemente de Argand, que exercia a atividade de guarda-livros e era considerado um matemático marginal. Gauss foi o primeiro matemático influente a defender as quantidades imaginárias - 'números complexos' sobre os quais será possível efetuar cálculos de modo consistente -, que então se tornaram entidades matemáticas reconhecidas como tais, com lugar na aritmética.

O modo como Gauss compreende as quantidades imaginárias não está muito distante da média proporcional sugerida por Argand. Ele admite essas quantidades como objetos efetivos da aritmética a partir da observação de que os números $+i$ e $-i$ podem ser vistos como médias proporcionais entre +1 e -1. A representação geométrica hoje conhecida é muito semelhante à proposta por Gauss, que, por sua vez, não contém novidades substantivas em relação à de Argand. Mas, para se chegar à concepção atual dos números complexos, outros passos foram necessários. Defensor da abstração como traço essencial da matemática, Gauss não via as quantidades imaginárias como entidades que precisassem ser 'realizadas', e sim como objetos plenamente abstratos.

O passo decisivo para o firme estabelecimento dos números complexos foi a construção de uma teoria algébrica para esses números, o que só foi possível com a introdução da noção de vetor. Esse conceito-chave surgiu em 1846, com o trabalho do matemático irlandês William Rowan Hamilton (1805-1865). Mas não podemos deixar de notar que as quantidades direcionadas de Argand já se pareciam bastante com vetores.

Tatiana Roque

Instituto de Matemática,

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Torre de marfim

Como leitor e assinante da CH desde o nº 1, fiquei animado quando recebi a edição de junho de 2006, animação esta que se tornou desânimo ao ler as matérias sobre metrópoles. A meu ver, a revista perdeu uma grande oportunidade de debater os problemas das metrópoles como transporte, saúde, educação, coleta de lixo, violência e outros, ao publicar textos puramente acadêmicos, com muito falatório e quase nenhuma proposta concreta, já que os autores ficaram, como costuma acontecer no mundo virtual das universidades, em cima de uma grande torre de marfim, pontificando com vocabulário empolado, como se o mundo real fosse a realidade em que eles vivem. (...)

ALBERTO PORTUGAL GOMES JR.
POR CORREIO ELETRÔNICO

Excesso de lixo

O artigo 'Lixo: compreender para conhecer' (CH 227) falha quando não cita as causas de tanto lixo: consumo desenfreado de produtos industriais com suas embalagens, principalmente plásticas. Precisamos reciclar as mentes para o novo estilo de vida futurista: vida natural, produtos naturais, embalagens biodegradáveis. É dever da revista publicar, principalmente na *Ciência Hoje das Crianças*, essas idéias.

SANDRO FRANZMANN
CIDREIRA, RS

Veio da África

No interessante artigo sobre os neandertais (CH 229), a tradução de *out of Africa*, no sentido de origem africana comum do homem moderno, é 'a partir da África', e não 'fora da África', que remete a idéia ou teoria oposta.

MARCELO ROUANET
SÃO PAULO, SP

☒ *O leitor está correto.*

Inter, não intra

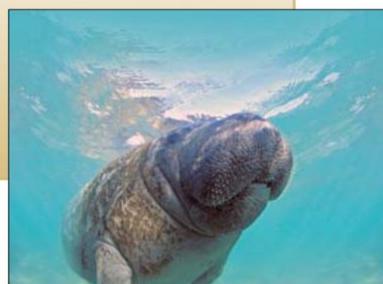
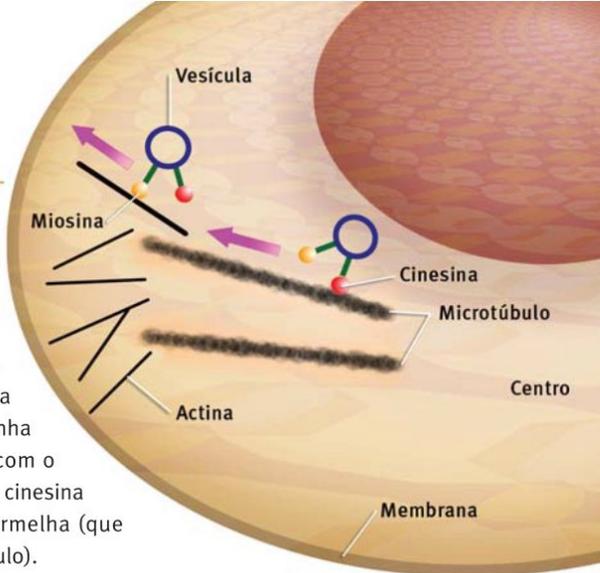
Sou estudante de ciências biológicas na UFPE e bolsista de iniciação científica. Primeiro, gostaria de agradecer ao CNPq pela assinatura dessa exce-

Correções

- Na figura 4 do artigo 'Motores moleculares' (CH 230, p. 31), os fios brancos que indicam a miosina e a cinesina estão desenhados incorretamente. A miosina, na figura, é representada pela bolinha amarela (que está em contato com o filamento de actina), enquanto a cinesina é representada pela bolinha vermelha (que está em contato com o microtúbulo).

- No artigo 'Mandioca: opção contra a fome' (CH 231), o gráfico sobre a produtividade em três áreas do mundo (p. 32) está incorreto. Na verdade, a linha azul refere-se à Índia, a cinza à América do Sul e a laranja à Nigéria.

- A fotografia do peixe-boi que abriu o artigo 'Peixes-boi: esforços de conservação no Brasil' (CH 230, pp. 32-33) é de autoria de Luciano Candisani e pertence ao Arquivo do Projeto Peixe-Boi, do Ibama.



lente revista. Durante a leitura da edição 229, percebi que talvez tenha ocorrido erro de digitação no texto 'Atrás do pão de cada dia' (p. 68), quando cita como exemplo de associação "intra-específica" o fato de várias aves acompanharem formigas-correição para localizar presas com maior facilidade. Trata-se, nesse caso, de uma relação 'interespecífica', ou seja, entre espécies diferentes.

JOÃO RICARDO GONÇALVES DE OLIVEIRA
RECIFE, PE

☒ *O leitor está correto.*

Boa para vestibular

Faço o terceiro ano do ensino médio e a biologia é uma das matérias de que mais gosto. Vou freqüentemente a uma faculdade particular perto da minha casa para ler revistas, e felizmente encontrei a CH. Adorei!!! Ela trata de temas que, 'vira e mexe', aparecem nos vestibulares, além de abordar outros assuntos interessantes, como a descoberta da função do pâncreas. Realmente, a revista me impressionou!

TIEMI ANABUKI
GOIÂNIA-GO

Interdisciplinaridade

Gostaria de parabenizá-los pela edição do mês de julho (CH 228) pelo espaço dado à filosofia da ciência. Achei importante falar sobre isso, pois retira aquela imagem de que 'ciência' é biologia e química. É interessantíssimo ver as ciências humanas nessa revista que tanto aprecio, pela forma com que nos faz pessoas – digamos assim – mais cultas. Moro em Florianópolis, compareci à reunião da SBPC, e adorei essa tal interdisciplinaridade da reunião. Acredito que todo mês a revista deva ter essa base – já tem, mas melhor seria se tivesse mais.

KAREN JASPER
FLORIANÓPOLIS, SC

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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS À REDAÇÃO

Neumann, a mosca e os motociclistas



Marco Moriconi

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

O grande matemático húngaro John von Neumann (1903-1957) – que se chamava Janos, mas americanizou o nome – era conhecido pela velocidade de seu cálculo mental. Além de ter uma memória fotográfica e uma criatividade científica excepcional, era capaz de fazer contas de cabeça e resolver problemas com uma rapidez impressionante. Não é à toa que ele foi um dos pais do primeiro computador, apropriadamente chamado Maniac (sigla, em inglês, para algo como analisador matemático, integrador numérico e computador).

Uma das mais famosas anedotas sobre von Neumann é a seguinte – nota: o que se segue é uma tentativa de reconstrução do diálogo entre ele e um colega; portanto, qualquer erro é culpa somente deste colunista.

Em uma festa animada, tarde da noite, um amigo de von Neumann, Kurt, já um pouco alto pelo excesso de vinho, entabula uma conversa com ele:

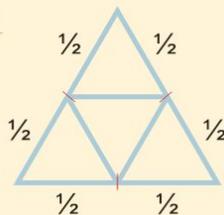
- Salve, Janos!
- Salve, Kurt...
- Que noite linda... Escuta... hic... você sabe qual a velocidade com que uma mosca consegue voar em linha reta?
- Claro. Ela voa a aproximadamente 5 km/h, mas a mosca-dos-estábulo voa a uns 145 km/h; aliás, é muito interessante que...
- Sim, certo, muito bem – disse Kurt. – Nossa, o Johnny sabe tudo! – pensou.

DESAFIO

Nossa mosca viajou 60 km, indo nos dois sentidos (direita e esquerda). Mas, por exemplo, quanto ela viajou só para a direita (supondo que ela tenha começado suas idas e vindas voando a partir da direita)?

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Divida o triângulo em quatro triângulos equiláteros de lado $1/2$ (figura). Como temos que marcar cinco pontos, um desses quatro triângulos terá que abrigar, pelo menos, dois deles. Portanto, esses dois pontos estarão necessariamente a uma distância menor ou igual a $1/2$.



– Então – continuou Kurt –, escute esse problema: dois motociclistas viajam em linha reta, cada um a 50 km/h, em sentidos contrários. Quando eles estão a exatos 100 km um do outro, uma mosca, voando a 60 km/h, passa sobre cabeça de um deles e vai rumo ao outro. Assim que ela encontra o outro motociclista, ela voa em direção à cabeça do primeiro, e fica indo, de um para o outro, até os dois motociclistas se encontrarem. Qual a distância total que ela percorre nesse vai-e-vem?

– 60 km – respondeu von Neumann, imediatamente.

– Não vale... hic... você já conhecia o truque!
– Truque? Que truque? Eu simplesmente somei todas as idas e vindas...

Essa é a história. Antes de explicarmos o 'truque', vejamos o que von Neumann fez. Ele primeiro calculou a distância que a mosca percorreu indo, pela primeira vez, do motociclista A ao B. Depois, calculou o percurso de volta, que equivale a uma distância um pouco menor, porque eles se movem durante o vôo da mosca. Achou a chamada progressão geométrica (lembra-se disso, caro leitor?) e somou um número infinito de viagens de ida e volta. Tente fazer no papel. Assim, você verá o quão rápido von Neumann calculava...

Mas há um truque muito simples para resolver esse problema, que o torna quase banal. Quanto tempo leva para os dois motociclistas se encontrem? Para achar a resposta, basta dividir a distância entre eles (100 km) pela soma das velocidades deles (50 km/h + 50 km/h = 100 km/h). Portanto, $100 \text{ km} \div 100 \text{ km/h} = 1 \text{ hora}$. Agora, a pergunta final (e crucial): qual distância a mosca percorre em uma hora? Bem, se ela está a 60 km por hora, ela percorrerá 60 km!

Curiosidade: essa história sobre von Neumann é, pelo que se sabe, verdadeira. E o dado das moscas também!