

# CIÊNCIA HOJE



## A origem das letras

**A universidade na revisão constitucional**  
**Biotechnologia: "desgraça dos países pobres?"**

*A ciência e a FBB  
tem algo em comum:  
elas não são a solução,  
são apenas o meio.*

*Mas sem um bom meio,  
como chegar à solução?*

## **Biotecnologia sem rumo, patentes sem programa**

**O** National Institutes of Health (NIH), dos Estados Unidos, desistiu de patentear segmentos naturais do genoma humano. Razões de caráter ético impedem que o código genético dos seres humanos seja objeto de apropriação por meio de patente. Razões jurídicas também rejeitam esse requerimento, uma vez que os critérios de patenteabilidade de objeto ou processo exigem, além da novidade e da invenção, a aplicação industrial. Esses segmentos do genoma recém-mapeados não constituem invenção e sua função é ainda desconhecida.

O Governo dos Estados Unidos investe US\$ 3 bilhões no Projeto Genoma, que tem, entre outros objetivos, o de decifrar o código genético humano (ver 'Biotecnologia levada a sério', neste número). Os resultados desse esforço têm imenso valor científico e aplicações industriais de grande rentabilidade de mercado.

Daniel Goldstein, no artigo citado, dá o exemplo do TPA, droga produzida por engenharia genética e usada no combate a distúrbios cardiovasculares. Ela é comercializada a US\$ 22 milhões o quilograma!

Não é difícil, portanto, entender o empenho do Governo dos Estados Unidos em proteger seus investimentos em pesquisas biotecnológicas e o interesse político de controlar os resultados de tais pesquisas.

Não sendo possível patentear as seqüências já mapeadas – o que obriga a divulgação dos objetos da patente –, é provável que a circulação das informações sobre os processos utilizados para determinar-lhes a função seja, cada vez mais, limitada aos laboratórios e aos pesquisadores que efetivamente (com recursos e conhecimentos) colaboram nos diferentes segmentos do programa.

O Projeto Genoma é parte de agressiva política dos EUA de incentivo às biotecnologias e investimentos de risco em suas aplicações. Essa política se estende à proteção dos direitos de propriedade intelectual nesta e em outras áreas de interesse tecnológico estratégico.

Nos anos 50, a energia nuclear ocupava a posição que hoje ocupa a biotecnologia. Os países ricos em bancos de genes têm papel semelhante aos países que possuíam jazidas de urânio. Com uma diferença fundamental: a indústria do ADN recombinante precisa apenas do código genético da espécie e não de grandes volumes de matéria-prima para alimentar seus 'reatores'.

Não é a primeira vez, pois, que a ciência mobiliza interesses de Estado e diplomacia, polarizando a opinião pública em grande escala nos mais diversos países. Infelizmente, isso não ocorre entre nós.

Na Índia, ampla reação popular contesta os direitos de propriedade de empresas multinacionais sobre as sementes melhoradas, usadas na lavoura local. Esses movimentos pressionam o Governo a não aceitar as determinações dos foros internacionais sobre os direitos de propriedade de sementes e cultivares.

No estado indiano de Karnataka, uma associação de agricultores promove campanha contra a instalação de fábrica de defensivos agrícolas que utiliza grãos de neem, arbusto próprio da região. Os agricultores afirmam que a multinacional norte-americana W.R.Grace & Co. não tem direito de patentear e explorar um inseticida retirado de planta que, na Índia e na África, é usado há séculos para proteger das pragas suas culturas (ver M. L. Bouguerra, in *Le Monde Diplomatique*, janeiro de 1994).

A legislação de patentes privilegia a proteção dos interesses de quem registrou a aplicação. Raramente reconhece os direitos do descobridor do princípio ativo, ou das comunidades que preservaram em sua cultura o uso de determinados produtos naturais para alimentação ou medicamento – como seria o caso do neem.

Há exemplos de exploração local de produtos naturais: é o caso da diosgenina, extraída de planta mexicana, a dioscorea. Nos anos 50, o México criou próspera indústria de hormônios e esteróides derivados da diosgenina. Durante anos, controlou o mercado desses produtos, até que se tornou possível sintetizar as moléculas responsáveis pelos princípios ativos. O México, então, perdeu a vantagem de dispor da planta a custos baixos.

Os países detentores de bancos genéticos têm ainda vantagens comparativas, em relação a outros países, na pesquisa e na exploração dessas riquezas: os laboratórios naturais estão em seu próprio território.

Difícilmente, porém, estatutos formais de proteção – como a Convenção da Biodiversidade ou leis e salvaguardas derivadas – garantem a preservação de tais vantagens por muito tempo. A única proteção efetiva e consistente é a própria capacidade de ocupar cientificamente esses bancos com laboratórios e pesquisadores, de modo a conservá-los, conhecê-los e explorar o uso dos produtos naturais encontrados.

A discussão, arrastada e indecisa, da lei de patentes no Congresso Nacional revela a absoluta falta de definições políticas e industriais para as áreas interessadas na qualidade deste instrumento.

A lei de patentes deveria responder à política de C&T, saúde, agricultura e indústria. Definidas as prioridades e os investimentos, é possível negociar normas e até enfrentar pressões descabidas. Difícilmente, poderá ocorrer o contrário.

Área estratégica, a biotecnologia tem sido alvo de tímidos e desencontrados programas de apoio (via PADCT), mas nunca foi tratada em dimensões semelhantes aos programas nucleares, espacial ou petroquímico.

Equívoco lamentável. Seus responsáveis não devem ser procurados na acomodada burocracia do Governo, mas nas próprias comunidades – acadêmica, científica e empresarial – incapazes de fixar prioridades, metas e prazos e defendê-los, de modo consistente, no Congresso e perante a sociedade.



## EDITORIAL

## CARTAS

## RESENHA

## UM MUNDO DE CIÊNCIA

O geofísico Sven Treitel, considerado um dos fundadores da sismica moderna, fala sobre suas pesquisas. Por Luisa Massarani e Micheline Nussenzevig.

Reproduzir dinossauros é ficção, mas para paleontólogos e geneticistas descobrir o ADN desses seres, hoje tão famosos, é importante para compreender como eles surgiram e estudar o seu processo evolutivo.

## TOME CIÊNCIA

É cada vez maior a associação entre AIDS e tuberculose. Mas esta continua sendo evitável e curável. É fundamental aumentar a taxa de cura da tuberculose para reduzir o risco de infecção e controlar a situação epidemiológica dessa doença. Por Hisbello S. Campos

## 1 A origem das letras do alfabeto 20

*Luiz Carlos Cagliari*

4 Dos pictogramas inventados no antigo Egito ao alfabeto que usamos hoje, a evolução da escrita foi um processo fascinante, partindo de desenhos figurativos para chegar à representação dos sons das palavras.

## 8 Como os seres vivos produzem gases de enxofre 28

*William Zamboni de Mello*

Ao aumentar a concentração de enxofre na atmosfera, a queima de combustíveis fósseis tem perturbado o ciclo natural de produção desse elemento. Conhecer o processo de produção do enxofre por organismos vivos é fundamental para avaliar o impacto das ações antrópicas.

## 14 Descobrimdo parentescos nos seres vivos 38

*Juan J. Morrone, Maria M. Cigliano e Jorge V. Crisci*

A história da vida sobre a Terra está mais perto de ser contada. Um novo método de classificação biológica, o cladismo, desvenda as relações de parentesco entre os seres, e torna-se uma ferramenta valiosa para as estratégias de conservação da biodiversidade.





## DEBATE

Como fica a universidade na revisão constitucional? O que deve mudar e o que deve ser mantido na Constituição com referência às universidades? Cinco reitores e uma ex-reitora de importantes universidades públicas expõem suas idéias a respeito.

## OPINIÃO

Como conciliar desenvolvimento e conservação? A alta diversidade das florestas tropicais pode ter um grande valor econômico direto. É preciso questionar a substituição de ecossistemas diversificados por sistemas agrícolas de baixa diversidade. Por Al Gentry.

O biólogo argentino Daniel Goldstein procura mostrar o tamanho da desgraça que pende sobre os países incapazes de levar a biotecnologia a sério.

## É BOM SABER

Linguístas do Laboratório de Fonética Acústica da UFRJ estudam os sons do português com auxílio de computadores.

O uso da órbita geoestacionária revolucionou as telecomunicações e criou um mercado milionário. Mas trouxe consigo o problema da cooperação econômica, indispensável à utilização mais justa e equilibrada do espaço cósmico. Por José Monserrat Filho.

### Capa

*Escriba sentado*, escultura egípcia da quarta dinastia (2620-2520 A.C.), Museu do Louvre, Paris, e o *Disco de Phaistos* (1700-1600 A.C.), Museu de Heráclito, Creta.

## 48 CIÊNCIA EM DIA

66

Indra Vasil, um dos pais do trigo transgênico, falou sobre a importância da biotecnologia para o aumento da produção de alimentos. Por Margareth Marmori.

Pesquisadores do Instituto de Pesquisas Scripps (EUA) procuram desenvolver uma proteína mutante capaz de bloquear a propagação de infecções de vírus em plantas. Por Margareth Marmori.

54

Keith Alger, vice-presidente da Fundação Pau Brasil, em Ilhéus (BA), vê na cultura de cacau a maior ameaça e uma das soluções para a conservação da Mata Atlântica no sul da Bahia. Por Marise Muniz.

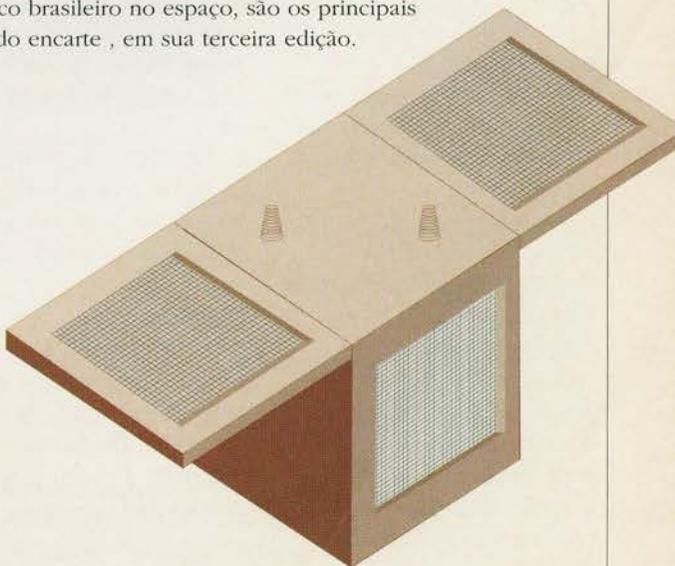
Pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro desenvolveram um sistema de monitoração de encostas capaz de prever deslizamentos em favelas do Rio de Janeiro. Por Luisa Massarani.

64

Pesquisadores colombianos pretendem transformar a mandioca em matéria-prima para vários produtos e desenvolver uma variedade transgênica. Por Margareth Marmori.

## TECNOLOGIA

A necessidade de renovação do monopólio estatal do petróleo e as razões pelas quais o Brasil não projeta os muitos carros que produz, além do próximo satélite científico brasileiro no espaço, são os principais temas do encarte, em sua terceira edição.



## Mecânica quântica

Gostaria de fornecer algumas informações adicionais acerca da matéria 'Mecânica Quântica: um desafio à intuição' (*CH*, nº 83). Com respeito ao 'problema de medição' que é considerado pelos autores como sendo "um problema especialmente sério para a escola de Copenhague", atualmente está sendo satisfatoriamente solucionado pela introdução do conceito de 'decoerência', que leva em conta que praticamente nenhum sistema físico está completamente isolado de suas vizinhanças e que a alteração resultante destrói as denominadas 'interferências quânticas'.

Com relação a este assunto, existe uma nova linha interpretativa denominada 'Interpretação Consistente da Mecânica Quântica' – ver, por exemplo, R. Omnès, *Rev. Modern Physics*, 64, 339 (1992) –, que 'completa' a interpretação ortodoxa de Copenhague. Um dos físicos que teve papel relevante no desenvolvimento desta nova conceituação é o físico brasileiro Amir Caldeira, da Unicamp.

Outro aspecto diz respeito à frase dos autores que declara que a interpretação de Copenhague rejeita os três conceitos fundamentais (Realismo, Localidade e Trajetórias bem definidas), considerados como paradigmas da física clássica. Novamente, dentro do contexto da interpretação

Consistente, isto não é correto em relação à Localidade. O conceito de Localidade, quanto ao aspecto de que nenhuma informação possa se propagar naquele meio com velocidade maior que a da luz, continua sendo válido nesta interpretação de Copenhague completada.

*Cristiano J.F. Graf,*

*Departamento de Física,  
Universidade Federal do  
Paraná, Curitiba.*

Encaminhamos a resposta do professor Vincent Buonomano (Instituto de Matemática/Unicamp), autor do artigo em questão: "Agradeço os comentários do Prof. Graf, chamando a atenção sobre algumas tentativas de resolver certas dificuldades discutidas em nosso artigo. Em particular para o importante trabalho de pesquisadores brasileiros, como o Prof. Amir Caldeira."

## Correções

No artigo 'Fulerenos, a nova fronteira do carbono' (*CH*, nº 87) na p. 17, figura 2, no eixo horizontal, deve-se ler 'comprimento de onda', e não 'longitude de onda'; e na p. 24, 3ª coluna, 8ª linha de baixo para cima, deve-se ler: "ocorre no Universo a milhões de anos-luz,..."

## Surubim

Gostaria de agradecer a atenção dispensada a meu artigo 'E os peixes de Minas em 2010?', publicado em *CH*, nº 91. Por um descuido, troquei na legenda da ilustração da p. 46 o nome

científico do surubim do rio Jequitinhonha pelo do surubim do rio Doce. O nome correto é *Steindachneridion amblyura*.

*Alexandre L. Godinho,  
Instituto de Ciências  
Biológicas/UFMG, Belo  
Horizonte.*

## Vespas solitárias

Nosso artigo sobre ecologia e comportamento de vespas solitárias predadoras, publicado em *CH*, nº 90, contém algumas incorreções de sentido e de impressão:

1. No 2º parágrafo da chamada do texto, quando é dito que a maioria das vespas solitárias faz seu ninho em substratos mas algumas poucas espécies colocam seus ovos sobre os corpos de suas presas, o leitor pode confundir-se, porque os corpos das presas também são substratos. Algumas espécies paralisam as presas colocando sobre elas os ovos, sem levá-las para o ninho. Nestes casos, recobrada da paralisia, a própria presa carrega o ovo consigo. Outras espécies carregam a presa paralisada para o interior do ninho, colocando os ovos sobre seu corpo. Há também as que colocam os ovos no ninho vazio, antes de colocarem a presa.

2. Na p. 16, respectivamente na 7ª e na 11ª linhas do primeiro parágrafo da 2ª coluna, foi impressa uma letra *e* a mais, e a palavra larva foi impressa como *lavra*. Além disso, na 1ª

linha do quinto parágrafo, ao invés de J.H. Brockmann, o correto é H.J. Brockmann.

3. Na p. 17, na 11ª linha do primeiro parágrafo da 3ª coluna, o nome *Microbembix* foi impresso erroneamente como *Miccobembix*.

4. Na p. 18, 22ª linha da 1ª coluna, o nome *argentata* foi impresso como *argenata*.

5. Na p. 19, penúltima linha da 1ª coluna, ao invés de 'foi suficiente', leia-se 'não foi suficiente'.

6. Nas 'Sugestões para leitura', o nome Cronell deve ser corrigido para Cornell, e o nome Ebehardt para Eberhardt.

Apesar desses pequenos erros, continuamos a admirar o excelente trabalho de divulgação científica que é realizado pela revista. *Rogério Parentoni Martins e Hélcio Ribeiro Pimenta, Laboratório de Ecologia e Comportamento de Insetos/UFMG, Belo Horizonte.*

## Clonagem do eucalipto

Gostaríamos de pedir desculpas aos leitores por uma incorreção no texto do nosso artigo 'Clonagem do eucalipto', veiculado no encarte 'Tecnologia', em *CH*, nº 91. Por um erro nosso, no último parágrafo do artigo foi informado que atualmente são fornecidas à fábrica 10 toneladas de madeira por hora, quando o correto é 10 toneladas por minuto. *Fernando L.G. Bertolucci e Ricardo M. Penchel, Aracruz Celulose S.A., Vitória.*



A LUTA DA GENTE.



O SONHO DA GENTE.



A ALEGRIA DA GENTE.



A GENTE.



O BANCO DA VIDA DA GENTE.

Gente tem que sonhar, tem que ter um trabalho, ter amigos de verdade, ter alegria, gente tem que dormir bem, xingar e brigar, ficar de papo pro ar, gente tem que viver e lutar muito pra ser feliz. E é nessa vontade de viver melhor que existe o apoio de um banco: Caixa Econômica Federal. A Caixa está no tijolo da casa própria, no começo de um grande ou pequeno negócio, na água que chega às torneiras, nos sistemas e redes da infra-estrutura urbana, nas idéias que precisam de crédito, nos sonhos depositados na poupança. A Caixa está do seu lado, bem à sua frente, e por trás dos momentos em que a vida quer se fazer mais digna. Por isso, lembre-se de que você tem Caixa pra viver melhor. Sempre.



**CAIXA ECONÔMICA FEDERAL**

O banco da vida da gente.

## Estado de Privilégios e Interdição de Direitos Sociais

Há historiadores que combinam com mestria o absoluto controle sobre suas fontes e um apuro formal que aproxima seus textos do artístico, segundo aquela lição de Roland Barthes sobre o prazer do texto. É o caso de Lucien Febvre e seu *Martinho Lutero, Um Destino* (1927), é o caso de Johan Huizinga e seu *Outono da Idade Média* (1919), é o caso, entre nós, de Sérgio Buarque de Holanda e sua *Visão do paraíso* (1959). Francisco Iglésias está entre esses autores que fazem da exposição historiográfica também um exercício de estilo.

Pela enormidade do objeto, *Trajatória Política do Brasil (1500-1964)* exigiu os cuidados de um projeto arquitetônico. Qualquer descuido e a estrutura ter-se-ia comprometido pela hipertrofia ou pela sonogação de situações, momentos, processos. Sua tessitura faz lembrar outros dois mestres da concisão e do apuro formal: Capistrano de Abreu, em *Capítulos de História Colonial (1500-1800)* (1907) e Antônio Sérgio, o grande ensaísta e historiador português, na *Breve Interpretação da História de Portugal* (1929). O livro de Capistrano trata de 300 anos da história colonial brasileira em 240 páginas densas, em que cada frase é indispensável e reveladora. O projeto de Antônio Sérgio é ainda mais impressionante por sua fantástica capacidade de síntese: Portugal, da dominação romana à República, 1910, é

analisado em 146 páginas.

Este elogio da concisão não significa subestimação das obras vultosas, das pesquisas minuciosas, das demasias dos



textos que querem, com volúpia, a captação de cada gesto, de cada críspação do objeto. Há obras fluviais, imensas e construídas com tanto refinamento e gosto quanto as resumidas. É o caso daquele monumental *O mediterrâneo e o Mar Mediterrâneo na Época de Filipe II* (1947), de Fernand Braudel, é o caso da *História da Loucura na Idade Clássica* (1961), de Michel Foucault, livros em que a enormidade da matéria vai em par com a enormidade da qualidade do texto.

Iglésias pertence à categoria dos autores que buscam a síntese, as grandes linhas de força dos processos. Esse procedimento tem um duplo propósi-

to: garantir eficácia discursiva e fixar o essencial dos processos, o que só é possível quando há compreensão profunda da temática, quando o objeto como que se incorporou à massa de sangue de seu intérprete: Só a longa maturação, o estudo permanente, a reflexão e a crítica são capazes de conduzir a esse resultado.

O equilíbrio que Iglésias manifesta em seus juízos não significa equidistância, pretensa neutralidade. Ele tem suas preferências, paixões, idiosincrasias. É implacável com o ridículo, o enfatuado, o convencional, com a burrice, a canalhice, a prepotência, a opressão. Sua opção é pelas gentes do povo, os movimentos populares, as liberdades, a rebeldia. Dentro dessa perspectiva, seu livro tem um sentido que transcende o acadêmico: dirige-se à cidadania, tratando das vicissitudes de uma vida política marcada pela interdição dos direitos das grandes maiorias. Seus grandes momentos são os que registram os pontos de tensão, as grandes clivagens, a emergência do conflito. É como se o texto adquirisse um registro superior, uma elevação de tom.

Iglésias mostra o quanto de falso se esconde na repetida tese de que a história do Brasil é uma história incruenta. Ela é uma trajetória de revoltas e contestações, quase sempre falhadas porque tem prevalecido, até aqui, a força de um Estado que em suas variadas formas foi, quase sempre, autoritário, permanentemente sancionador de privilégios e instrumento de interdição de direitos sociais.

A periodização adotada por Iglésias para a trajetória políti-

ca do Brasil, é aparentemente, a convencional: Colônia, Império e República. Contudo, as subdivisões desses grandes períodos, os pontos de ruptura, as ênfases e as omissões trazem compreensão inovadora. Trata-se, fundamentalmente, de reconstituir a trajetória política brasileira como uma espécie de tensão permanente entre as estratégias de hegemonia e legitimação das classes dominantes no Brasil e os movimentos mudancistas das classes populares. Nessa direção, o livro combina exemplarmente o rigor da pesquisa e o sopro enérgico da indignação e da exigência ética.

O objetivo de uma combinação de síntese e fluência decorreu, em parte, do próprio projeto editorial. O livro foi originalmente escrito para editora espanhola. Assim, era fundamental evitar que a trajetória política do Brasil se transformasse num catálogo de teses, autores e obras inacessíveis aos leitores espanhóis. Essa característica está bem expressa na parcimônia com que Iglésias utilizou citações. São 27 ao todo, num livro de 316 páginas. Essa economia de notas não significou sonogação de referências. São 463 notas remissivas de autores e conceitos fundamentais para a contextualização da história brasileira. Também utilíssima é a cronologia que funciona como uma espécie de algoritmo dos pontos de tensão e clivagens.

É possível apontar falhas no livro de Iglésias? É claro, posto que a perfeição é atributo divino, e os deuses, pelo que se sabe, não têm se dedicado à historiografia. Também é possível dizer que grande parte do que se critica nos



## Estante

outros é projeção de nossas próprias obsessões. Todos nós somos movidos por obsessões e freqüentemente exigimos dos outros que se rendam a elas. No caso do livro de Iglésias, a opção pela síntese obrigou à renúncia do tratamento mais extenso de questões que poderiam ser mais problematizadas. Um exemplo: a inviabilidade da industrialização em Minas Gerais, no século XVIII, foi atribuída à ação do Alvará de 1785, quando se sabe que existiram outros e mais importantes determinantes, decorrentes da própria existência e funcionamento do sistema colonial (p. 81). Outro: há um juízo sobre a mentalidade dos povos indígenas (pp. 27-28) que subestima a riqueza e complexidade dos mitos, do pensamento selvagem exemplarmente analisado na tetralogia de Claude Lévi-Strauss sobre os mitos ameríndios (*O*

*Cru e o Cozido; O Mel e as Cinzas; A Oleira Ciumenta e História de Lince*).

Um outro nível de registro crítico é também fruto da arbitrariedade do resenhador. Iglésias diz (p. 59) não pretender considerações filosóficas ou teorizantes. Contudo, teria sido interessante um capítulo que discutisse algumas matrizes fundamentais de uma teoria do Estado e suas aplicações à constituição e dinâmica do Estado no Brasil, tais como as desenvolvidas por Oliveira Vianna, Caio Prado Jr., Nestor Duarte, Raymundo Faoro, Simon Schwartzman, Florestan Fernandes e Décio Saes.

Essa cobrança, na verdade indevida, é parte de uma cobrança maior que se deve fazer a Iglésias. Ninguém mais do que ele se preparou e está equipado para nos dar uma história das idéias no Brasil. Capítulos dessa história ele já

empreendeu, como se vê em seus estudos sobre Joaquim Nabuco, Pandiá Calógeras, Oliveira Vianna, Caio Prado Jr., Sérgio Buarque de Holanda, Jackson de Figueiredo, Celso Furtado, Antônio Cândido.

A obra de Iglésias é ampla e diversificada. Há, com certeza, destaque para a história econômica do Brasil e de Minas Gerais. Mas há também a história política, a análise da historiografia brasileira, além de temas e autores estrangeiros – Mirabeau, Malraux, Fernando Pessoa, o neocolonialismo do século XIX, o conceito de história universal, a revolução industrial inglesa.

Uma constelação de temas e autores tão variada poderia sugerir ausência de centralidade. Contudo, os temas e autores eleitos por Iglésias estão ligados por uma espécie de laço invisível. São todos autores e situações no limite da

ambigüidade, personagens e situações marcadas pela complexidade. Senão vejamos: é Mirabeau, o grande político da Revolução Francesa, o libertino, contemporâneo e assemelhado de Restif de la Bretonne e Sade; é Malraux, o romancista, o crítico de arte, o revolucionário que se rende ao gaullismo; é Fernando Pessoa, o poeta de dicção universal, o inovador da literatura portuguesa deste século, o astrólogo, o sebastianista, o guarda-livros; é Joaquim Nabuco, o monarquista, o representante das oligarquias nordestinas, o paladino da campanha abolicionista e da defesa da reforma agrária.

**João Antônio de Paula**

*Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional,  
Faculdade de Ciências Econômicas,  
Universidade Federal de Minas Gerais.*

### IBGE LANÇA DUAS NOVAS PUBLICAÇÕES SOBRE MEIO AMBIENTE

O IBGE acaba de lançar duas importantes publicações: **Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil** e **Geografia e questão ambiental**. Para o presidente do IBGE, Síbio Augusto Mincioti, essas publicações contribuem para a melhor compreensão dos conflitos e das contradições inerentes à relação Sociedade/Natureza e servem, também, para subsidiar ações de intervenção requeridas pela urgência da questão ambiental associada ao estilo contemporâneo de desenvolvimento.

Em **Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil** são apresentados estudos desenvolvidos pelo projeto RADAMBRASIL, além dos seguintes assuntos: Geologia, Unidades de Relevô, Potencialidade Agrícola dos Solos, Vegetação e Recursos Florísticos, Fauna Silvestre, Clima, Saneamento Básico e Áreas Especiais. Essa obra traz, ainda, uma abordagem histórica sobre a evolução dos estudos no tocante aos recursos naturais e meio ambiente.

**Geografia e questão ambiental**, além de reunir estudos sobre meio ambiente, destacando a dinâmica dos processos sociais e ecológicos, aborda também as diferentes formas de organização do espaço geográfico. A temática ambiental é analisada em textos sobre a conceituação de desenvolvimento sustentável, o crescimento e transformação das metrópoles, as questões de periferização urbana e saneamento básico, as reservas extrativistas e as formas de intervenção pública na Amazônia.

## Mais petróleo com menos dinheiro



### Como começou seu interesse pelos registros sísmicos?

O sinal dos registros sísmicos que nos interessa vem normalmente misturado com ruídos, que devem ser eliminados para que o sinal seja mais bem entendido. Estudei várias teorias de processamento de dados para a extração desse sinal. Interessei-me especialmente por métodos baseados nos trabalhos do matemático norte-americano Norbert Wiener (1894-1964), o criador da cibernética. Ele se interessou pelo desenvolvimento de métodos matemáticos para extrair o sinal dos registros sísmicos recolhidos. Quando estudante, na década de 50, envolvi-me em um projeto cujo objetivo era aplicar os recém-lançados métodos de Wiener à geofísica, em particular à geofísica da exploração. Fiz esse tipo de pesquisa por muitos anos. Posteriormente, mudei de rumo.

### O que o senhor pesquisa hoje?

Trabalho com geofísica de reservatórios de petróleo. Interessei-me por essa área porque a extensão da maioria dos reservatórios ainda não explorados é muito pequena, o que requer muita precisão para obter sua localização

Explorar petróleo requer muita precisão para obter sua localização exata e para economizar dinheiro.

Furar o solo em busca de petróleo e errar o alvo sai caro. Cada aventura terra abaixo pode custar muitos milhões de dólares. Assim, é bom interpretar exaustivamente os dados sísmicos antes de se cometer um novo 'furo'. Nascido na Alemanha e criado na Argentina, Sven Treitel, considerado um dos fundadores da processamento sísmico digital, dedicou grande parte de seu tempo a essa área de pesquisa.

No ano passado, Treitel aposentou-se pela empresa petrolífera Amoco, em Tulsa, no estado de Oklahoma (EUA), na qual ainda trabalha como assessor. Atualmente, está no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (EUA). "Agora, gosto de visitar várias universidades, indo de um lugar a outro, como professor visitante", diz o geofísico, em entrevista concedida a Luisa Massarani (*Ciência Hoje*/Rio de Janeiro) e Micheline Nussenzeig (*Ciência Hoje*/Rio de Janeiro).

exata e conseqüentemente para a extração de petróleo. Nesse momento, não há métodos que permitam saber, antes da perfuração, se há ou não petróleo em determinada rocha. O que podemos é encontrar estruturas favoráveis à sua formação. Como a perfuração é cara, é preciso desenvolver métodos mais precisos para delimitar as rochas onde está o petróleo.

### Não é possível retirar todo o petróleo de um poço?

As tecnologias atuais não permitem que isso seja feito. Cerca da metade do petróleo fica no subsolo. Em todo o mundo, está nascendo uma relação mais estreita entre engenheiros de petróleo e geofísicos, para aumentar a quantidade de combustível recuperada. Mas duvido que se consiga extrair todo o petróleo de um reservatório.

### Por que não se consegue extrair todo o petróleo?

Quando o solo é perfurado, o petróleo inicialmente jorra, mas depois pára de fluir do poço. Para extrair mais petróleo, injeta-se gás, água ou uma combinação deles. Mas num certo momento, esse método é economicamente inviável:

o gasto de energia é maior que o valor extraído.

### A crise do petróleo no início da década de 70 estimulou a integração entre empresas e universidades?

Não sei se a crise foi o estímulo. Desde a década de 60, houve nos EUA uma maior colaboração entre as empresas petrolíferas e as universidades. Infelizmente, hoje, as empresas petrolíferas vêm cortando o apoio à pesquisa.

### O que provocou essa redução de investimentos na pesquisa?

Os lucros das companhias de petróleo baixaram, não são mais o que eram há 10 anos, embora eu não conheça companhias petrolíferas privadas que estejam em prejuízo. Em conseqüência, decidiu-se pela redução dos gastos e isso, infelizmente, atingiu a pesquisa. Há empresas que a abandonaram quase que por completo. Isso é muito equivocado, porque sem a tecnologia para continuar produzindo o combustível vai-se chegar a uma crise.

### Quanto a Amoco investe em pesquisa?

O centro de pesquisa em Tulsa tem cerca de 500 pessoas e um orçamento anual entre US\$ 60 milhões e US\$ 65 milhões. Nesse centro, investigam-se problemas geológicos, geofísicos e de engenharia de petróleo. Os estudos petroquímicos e de química das refinarias são feitos em outro laboratório, onde há mais de mil pesquisadores e um orçamento que desconheço, mas que deve ser maior que o de Tulsa.

**Como eram esses números na 'época de ouro', entre o começo dos anos 70 até o início da década de 80?**

Eram cerca de 800 pessoas e um orçamento anual próximo a US\$ 90 milhões. Além do corte de pessoal, houve também uma mudança nos tipos de projetos. Hoje, há um número maior de projetos cujos resultados devem ser em curto prazo. Reduziram-se muito os projetos de longo prazo. As chefias exigem lucros imediatos, não podem esperar. É uma política completamente errada, porque, se não se preocupa com o telhado, amanhã cai uma tempestade e o derruba. Mas ninguém pensa na tempestade.

**E a pesquisa nas universidades?**

Elas não podem progredir sem o apoio financeiro da indústria privada. Então, à medida que o apoio diminui, a pesquisa também diminui. A atividade

científica retornou possivelmente ao que era na década de 60. É uma desgraça. E é um fenômeno mundial. Conversando com os meus colegas brasileiros, vi que infelizmente o mesmo ocorre no Brasil.

**Como o senhor vê a geofísica na América Latina?**

Na Argentina, as coisas estão mudando com a recente privatização da empresa petrolífera estatal. Mas ainda falta totalmente ou quase totalmente a pesquisa na área de geofísica. Sei pouco sobre o Brasil, mas como há muito mais pesquisadores nessa área aqui, imagino que vocês estejam mais adiantados. Pelos menos a Petrobrás tem um centro de pesquisa, o que não ocorre na empresa equivalente argentina.

**E a Venezuela?**

Claro, está muito mais avançada. Mas isso não surpreende, porque a indústria principal naquele país é o petróleo. Os venezuelanos têm muita pesquisa, muita gente dedicada. Têm seus problemas, mas quem não os têm? O que eles estão fazendo deveria servir de exemplo para o resto da América Latina.

**Mudando de assunto: e seus estudos sobre a teoria da comunicação matemática aplicada à geofísica?**

Um sismograma é um registro das oscilações que ocorrem na superfície da Terra como resposta a uma excitação. No caso dos terremotos, há uma excitação natural. Para causar uma excitação artificial, há vibradores mecânicos ou canhões de ar. Pode-se usar dinamite, mas ela não é popular porque mata peixes. Nos últimos anos, preferimos usar fontes de energia que não são dinamite.

**São ondas sonoras?**

Sim, mas como a Terra é um meio elástico (meio rígido) e não acústico, é melhor caracterizá-las como ondas elásticas, que se propagam através do movimento transversal e longitudinal das partículas. As frequências que usamos são de entre cinco e cinco mil ciclos por segundo (hertz), são baixas; portanto, não se pode escutá-las. Quanto mais baixa a frequência, maior a penetração da onda. O registro das oscilações representa em parte as formações dos subsolos. É um sistema muito parecido com o radar: há um objeto procurado e um transmissor de rádio. Em nosso caso, em vez do transmissor, usamos uma fonte de energia, que pode ser dinamite, canhões de ar etc. Quando o sinal volta, é preciso separar o que foi causado pela transmissão do que foi refletido pelas várias camadas do solo que queremos estudar.

**SBPCHOJE**

O JORNAL ELETRÔNICO DA SBPC

Com o SBPCHOJE, você recebe diretamente em seu terminal as primeiras notícias da comunidade científica brasileira, da política de C&T do país, dos programas de bolsas etc.

Basta digitar, a partir do sistema VMIBM, "TELL LISTSERV AT BRLNCC SUBSCRIBE SBPCHOJE + nome do interessado" ou "MAIL LISTSERV AT BRLNCC SUBSCRIBE SBPCHOJE + nome do interessado" (na primeira linha do texto)

## Em busca do ADN perdido

A revista *Science* em seu número 261 de julho de 1993 apresentou um artigo intitulado "Dino DNA: The hunt and the Hype", em que se discute a euforia do meio científico na busca da identificação de uma seqüência de ADN pertencente ao grupo dos dinossauros (extintos há cerca de 65 milhões de anos).

O artigo relata a recente descoberta de Mary Schweitzer, estudante de biologia do Museu das Montanhas Rochosas da Universidade Estadual de Montana (EUA) que, examinando a seção delgada do osso (fornecido pelo paleontólogo Jack Horner) de um *Tyrannosaurus rex*, constatou a presença de células sanguíneas, preservadas após 65 milhões de anos da morte do animal. Mary Schweitzer concluiu que se as células tinham ficado preservadas poderiam fornecer o ADN desse dinossauro.

Com o desenvolvimento de suas pesquisas, conseguiu a obtenção de uma molécula que poderia ter pertencido ao ADN de um dinossauro, e isso desencadeou uma disputa entre centros de pesquisa americanos pela prioridade em publicar dados genéticos sobre aqueles animais.

Os pesquisadores logo perceberam que, muito antes de pensar em fornecer dinossauros vivos para os zoológicos (a exemplo do livro *Jurassic Park* escrito por Michael Crichton e o filme de Steven Spielberg), diversos problemas técnicos teriam de ser superados. Nossa ciência ainda não possui conhecimentos suficientes para considerar a possibilidade de produzir um dinossauro a partir de seu ADN, mesmo que esse material venha a ser recuperado em condições para isso, que muitos cientistas não acreditam ser possível.

Por outro lado, a recente euforia despertada pelo tema desviou a atenção das pesquisas realizadas para a obtenção do DNA de outros seres não tão carismáticos quanto os dinossauros mas que, por estarem extintos há apenas algumas centenas ou milhares de anos, poderiam nos fornecer respostas para questões a respeito da biodiversidade e do movimento de populações em tempos próximos aos atuais.

A obtenção do ADN de material fóssil, embora não constitua tarefa simples, é possível de acordo com o pensamento de alguns grupos de pesquisa que se dedicam a essa tarefa. O processo de fossilização geralmente substitui todo o material orgânico dos ossos por substâncias minerais (principalmente carbonatos e/ou sílica). Em alguns raros casos, as condições de fossilização podem preservar as células que contêm o material genético impedindo sua substituição e tornando possível sua obtenção através de técnicas especialmente desenvolvidas para esse fim.

Outra possível fonte de ADN fóssil estudada pelos cientistas é a apresentada na obra de Michael Crichton. Grupos de pesquisadores tentam isolar moléculas de ADN a partir de células sanguíneas coletadas no abdome de insetos sugadores preservados em âmbar. Segundo Raul Cano, geneticista molecular do Instituto Politécnico da Universidade Estadual da Califórnia (EUA), a obtenção do ADN de um dinossauro está muito próxima. De fato, pequenas porções de ADN já foram obtidas a partir de materiais fósseis, no entanto, devido às limitações da técnica utilizada, é impossível afirmar se essas moléculas de fato pertenceram ao animal original ou são provenientes de contaminação poste-



O difícil jogo da extração do ADN de dinossauro.

ILUSTRAÇÃO BASEADA EM SCIENCE, VOL. 261 P.160 (1993)

rior do material de análise.

Paleontólogos e geneticistas afirmam que a descoberta do ADN dos dinossauros, muito antes de possibilitar a recriação desses seres, poderá fornecer importantes informações a respeito da origem e destino do grupo ao longo de seu processo evolutivo, respondendo questões polêmicas como, por exemplo, as relações de parentesco entre dinossauros e aves.

Os cientistas que criticam essa linha de pesquisa afirmam que o ADN é tão instável que não pode ser mantido em condições de fornecer qualquer informação confiável por um período de mais de 50 mil anos e que a pesquisa com dinossauros apenas obscurece as investigações com materiais mais recentes e de grande importância para o desenvolvimento do conhecimento científico. O exemplo é o trabalho desenvolvido pelo grupo de Kelley Thomas, geneticista molecular da Universidade da Califórnia em Berkeley (EUA), com populações de animais abundantes no passado e hoje em perigo de extinção. O conhecimento do ADN fóssil permite estabelecer a diversidade do

grupo no passado e estabelecer uma relação entre esta e a remanescente nas espécies atuais.

As pesquisas com ADN fóssil abrangem ainda o estudo de populações humanas determinando a origem de alguns povos antigos e suas rotas de ocupação dos territórios que hoje habitam, de modo a permitir uma compreensão mais efetiva dos mecanismos evolutivos e paleogeográficos que estiveram envolvidos no desenvolvimento biológico e cultural de nossos antepassados. Essas informações, segundo alguns cientistas, possuem um valor muito mais substancial do que o de apenas buscar fragmentos de ADN de algum dinossauro.

Paralelamente a essa agitação do meio genético-paleontológico, em nosso país começamos a dar os primeiros passos na busca do ADN fóssil. Em Porto Alegre, RS, o geneticista Sandro Bonatto, há algum tempo atuando na pesquisa do ADN de povos indígenas, vincula-se ao *Projeto Dinossauros do Brasil* para desenvolvimento de pesquisas futuras com materiais paleontológicos. Ao mesmo tempo, Jorge Ferigolo, pa-

leontólogo da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, prepara-se para coordenar a instalação de um laboratório de análise de ADN fóssil nessa instituição.

Por fim, estimulado pelo filme de Spielberg, Marcus Felipe, 11 anos, estudante primário escreve ao *Projeto Dinossauros do Brasil* relatando que pretende procurar o 'tal ADN', para criar dinossauros em tamanho pequeno. Porém, antes de iniciar sua busca e atendendo sugestão de sua mãe, solicita informações aos pesquisadores.

A nosso ver, é importante que essas iniciativas sejam estimuladas, que os cientistas tenham o apoio necessário para o desenvolvimento de suas pesquisas e que os jovens, despertados pelo carisma dos dinossauros, possam contar com nossa colaboração e esclarecimento para, talvez, se tornarem futuros paleogeneticistas brasileiros.

*Science*, vol. 261, p. 160 (1993).

---

#### Sergio Alex Kugland de Azevedo

*Departamento de Geologia e Paleontologia*  
Museu Nacional – UFRJ.

---

## notas

### Como virar um fóssil?

O oceanógrafo da Universidade Texas A&M (EUA), Eric Powell iniciou uma série de experiências para descobrir como os fósseis (animais ou plantas) conseguiram superar a ação dos elementos (chuvas, ventos) para se tornarem parcialmente mineralizados. Também não está claro como ficaram protegidos de carniceiros em geral, elementos químicos de erosão ou turbulências ambientais (correntes marinhas, por exemplo).

Powell e seu grupo de oito cientistas de várias instituições espalharam no mar, perto das Bahamas e no Golfo do México, a profundidades variando de 70 a 600 metros, redes de malha contendo madeiras, caranguejos, ouriços e conchas. Os cientistas

esperam ver como ambientes diferentes podem afetar os fósseis neófitos.

Eles tencionam recolher as redes em várias etapas e analisar a degradação progressiva das amostras. Farão então a comparação dos resultados entre as águas quentes e ricas em carbonatos das Bahamas e as mais frias e lodosas do Golfo do México.

O que aprenderem dessa experiência servirá para entender as ações da temperatura, da profundidade e das condições químicas que melhor preservem os fósseis.

*Science*, vol. 262, p. 1207 (1993).

### Ultra-sonografia em três dimensões

Não é fácil olhar um exame de ultra-sonografia e obter informações

detalhadas, mesmo quando este é efetuado em duas dimensões.

Thomas Nelson, físico da Universidade da Califórnia em San Diego (EUA), e sua esposa Dolores Pretorius, obstetra do Centro Perinatal Sharp de San Diego, fazem parte de um dos muitos grupos que estudam a possibilidade de obter ecogramas em três dimensões.

Acoplado equipamento tradicional de ultra-som a algoritmos de computadores sofisticados, eles conseguem compilar várias imagens em duas dimensões, tomadas de ângulos diferentes, em uma imagem tridimensional. Com o auxílio do computador, os médicos podem então girar as imagens em qualquer direção, tornando mais fácil descobrir, em fetos, proble-

mas difíceis de detectar. No caso de adultos, a nova técnica poderá ajudar a detecção de microtumores ou de anormalidades cardíacas.

Já estão sendo planejadas avaliações da nova técnica para ver se realmente se chega a diagnósticos mais acurados.

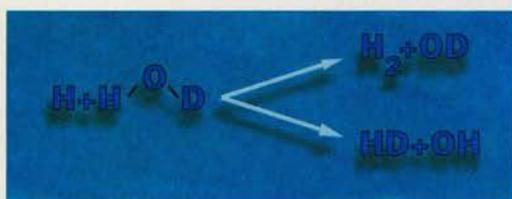
*Science*, vol. 262, p. 1207 (1993).

### Definindo os produtos de uma reação

Importante avanço acaba de ser anunciado, respondendo a um antigo desafio sobre como selecionar produtos desejáveis, em uma reação química com diferentes alternativas de produtos possíveis.

No *Journal of Chemical Physics*, vol. 99, p. 1.744 (1993), o pesquisador R. B. Metz e colaboradores relatam uma experiência em que conseguiram escolher seletivamente qual das duas ligações de hidrogênio numa molécula de água seria rompida. Para isso, eles substituíram ou 'marcaram' parcialmente com deutério (D) – um hidrogênio mais pesado – uma molécula de água ( $H_2O$  ou  $HOH$ ), ficando portanto com a fórmula  $HOD$ .

Essa molécula reage então, em fase gasosa, com átomos de hidrogênio, como ilustrado abaixo.



Por excitação seletiva, através de raio laser, dos estados de vibração das ligações O-H e O-D, eles conseguiram romper discriminadamente uma dessas duas ligações. O 'marcador' deutério serve para indicar o lado da molécula de água que sofre a reação.

*Nature*, vol. 365, p. 195 (1993).

### Nova esperança no tratamento do câncer

Uma nova terapia no tratamento do

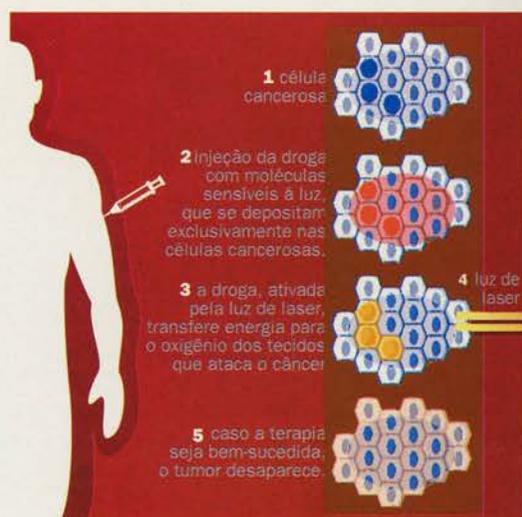
câncer está dando algumas esperanças aos pesquisadores. Nessa terapia injeta-se no paciente um composto químico que se torna ativo sob a aplicação de luz e ataca exclusivamente as células degeneradas, sem apresentar portanto as conseqüências devastadoras das irradiações ou quimioterapias.

Esse tipo de tratamento, conhecido como 'terapia fotodinâmica' (PDT – *Photodynamic Therapy*), vem sendo estudado com pouco sucesso desde os anos 70, porque até agora as drogas fotodinâmicas apresentavam sérias dificuldades.

O desenvolvimento mais recente é o de uma droga, a *Photofrin II*, que foi aprovada desde abril no Canadá para o tratamento do câncer de bexiga. Pela primeira vez no mundo, uma droga desse tipo foi autorizada para tratar a doença. Acredita-se que novas drogas para uso em terapia fotodinâmica serão desenvolvidas nos próximos cinco anos.

A droga injetada no paciente se deposita nas células cancerosas. Sob a ação da luz, obtida a partir de um laser, ela é ativada e transfere a energia absorvida para moléculas de oxigênio dissolvidas no tecido, que então vão destruir as células. Uma vez cessada a ação do laser, o efeito tóxico da droga desaparece.

A *Photofrin II*, entretanto, tem algumas limitações. Ela leva dois meses para ser eliminada do organismo, o que significa que durante esse período o paciente deve evitar exposição ao sol. Está em estudo um novo composto, derivado da benzoporfirina (BDT), que se deposita nas células doentes em poucas horas e leva apenas uma semana para ser eliminado, permitindo assim o tratamento droga-luz no mesmo dia.



**Na terapia fotodinâmica, para tratamento de câncer, a droga é ativada pela luz de laser.**

O tratamento com a *Photofrin II* parece ter um futuro muito promissor e está sendo avaliado no Canadá, Estados Unidos, Europa e Japão para o câncer de pulmão, de esôfago, de estômago e de colo do útero. Entretanto certas dificuldades ainda têm de ser superadas para ser aprovado pela FDA (*Food and Drug Administration*) dos Estados Unidos.

Pesquisadores, críticos do processo, esperam resultados estatísticos mais precisos, sendo necessário dar uma atenção especial aos problemas referentes à física e à dosimetria desse tipo de tratamento. Por enquanto eles acreditam que o PDT poderá ser utilizado como terapia auxiliar para, por exemplo, eliminar células cancerosas residuais depois da extirpação do tumor e de tratamentos com irradiação e quimioterapia.

*Science*, vol. 262, p. 32 (1993).

### A dopamina e a esquizofrenia

No estudo das doenças mentais durante os últimos 20 anos, verificou-se que os receptores de dopamina, existentes no cérebro, exercem um papel fundamental no mecanismo de atuação das drogas antiesquizofrênicas, também chamadas neurolépticas. A dopamina cerebral é um composto orgânico nitrogenado que funciona

como neurotransmissor, podendo inibir a transmissão de impulsos nervosos de um neurônio a outro. A deficiência de dopamina em uma certa região do cérebro é responsável pela doença de Parkinson.

As observações foram feitas partindo do fato de que as anfetaminas, que são agentes capazes de causar, em certas circunstâncias, sintomas análogos aos da esquizofrenia, promovem a liberação da dopamina no cérebro, e de que as drogas neuro-lépticas bloqueiam essa ação psicoestimulante em animais e humanos.

Estudos bioquímicos subsequentes revelaram que drogas neuro-lépticas reagem com o receptor do subtipo D2 da dopamina cerebral.

A equipe do cientista Philip Seeman, da Universidade de Toronto, no Canadá, mostrou que o funcionamento de receptores de dopamina pode ser anormal nos pacientes com esquizofrenia. Estes apresentam um aumento seletivo, no cérebro, da densidade de um subtipo especial de receptor de dopamina, o receptor D4.

Alguns estudos prévios em tecido cerebral de esquizofrênicos haviam mostrado a existência de um número anormalmente grande de receptores de dopamina do tipo D2. Entretanto, esses resultados eram controvertidos, pois os pacientes haviam sido tratados com drogas neuro-lépticas antes de morrer. Além disso, em animais, o tratamento crônico com tais drogas aumenta o número de receptores de dopamina no cérebro.

O trabalho do grupo de Seeman procurou medir a densidade dos receptores de dopamina do tipo D4. De acordo com os resultados, nos pacientes atacados pela doença de Parkinson ou de Alzheimer, essa proporção é pequena, mas em 32 pacientes esquizofrênicos, foi encontrado um número de D4 seis vezes maior, o que representa até 40% do total de receptores do tipo D2 presentes.

A questão agora é saber se essas diferenças são inerentes à esquizofrenia ou são causadas pelo tratamento

crônico com drogas neuro-lépticas. Os autores encontraram efeitos semelhantes em pacientes esquizofrênicos que não estavam sob a ação de drogas. Além disso, eles também compararam os resultados com os de pacientes com doença de Alzheimer, que não apresentavam nenhuma alteração do mesmo tipo, apesar de muitos serem tratados com neuro-lépticos análogos.

Espera-se que os resultados de Seeman sejam confirmados em outros laboratórios. Caso isso aconteça, eles poderão servir como ponto de partida para uma melhor compreensão da esquizofrenia, essa misteriosa doença.

\**Nature*, vol. 365, pp. 393 e 441 (1993).

### A 'revolução verde' não morreu

A 'revolução verde', criada por Norman Borlaug (ver *Ciência Hoje*, nº 75, encarte p. 3) para aumentar o cultivo do trigo e mais tarde de outros grãos – arroz e milho – ainda está em ascensão. Essa afirmação faz parte de um estudo sobre produção mundial de grãos feito por Donald Plucknetts, agrônomo e assessor científico do Grupo Consultivo de Pesquisa Internacional em Agricultura (CGIAR) com sede em Washington (EUA).

O estudo conclui que a produção de grãos por hectare em vários paí-

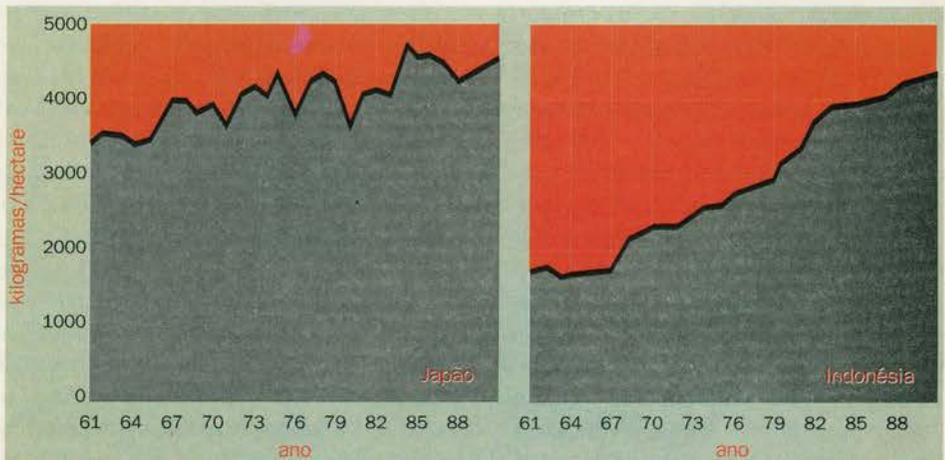
ses, com poucas exceções, tem continuado a crescer nesses últimos 10 anos. Mostra também o sucesso em lugares onde a terra é pouco fértil, sugerindo que muitos países em desenvolvimento poderiam aderir aos melhoramentos de cultivo.

Plucknett conta que quando começou o estudo esperava encontrar o tradicional patamar na produção, como é o caso do arroz no Japão, que se estabilizou a partir do início dos anos 80. Entretanto, ficou surpreso quando observou, que até os anos 90, o cultivo/hectare só fez aumentar em outros países. Ele espera que também no Japão haja uma retomada do crescimento da produção, mas acredita que ainda há muito por fazer considerando-se que nas próximas décadas a população global terá duplicado.

Infelizmente a fome no mundo não acabará mesmo com um fluxo contínuo de verbas para o desenvolvimento da agricultura. A maioria das populações atingidas pela fome – quase 1 bilhão de pessoas – sofre de problemas de distribuição dos alimentos e não tem poder aquisitivo, embora tenha capacidade para o trabalho.

Muito mais difícil do que continuar a 'revolução verde' será colocar dinheiro nas mãos dessas populações.

\**Science*, vol. 261, p. 1.517 (1993)



Produção de arroz estabilizada no Japão e em ascensão na Indonésia.

# TUBERCULOSE E AIDS: ATRAÇÃO FATAL

**O AUTOR APRESENTA DADOS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE O SURGIMENTO DA AIDS E O AUMENTO DOS CASOS DE TUBERCULOSE, UMA DOENÇA DE TRANSMISSÃO MAIS GERAL E QUE TEM PROFUNDAS RAÍZES SOCIAIS. É PRECISO ANALISAR O IMPACTO DA AIDS SOBRE A SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DA TUBERCULOSE PARA CONTER O AUMENTO DE CASOS SOBRETUDO NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO.**

**Hisbello S. Campos**

*Centro de Referência Professor Hélio Fraga Fundação Nacional de Saúde,  
Ministério da Saúde.*

Na última década do século XX, assiste-se a uma perversa associação entre a tuberculose, uma doença de profundas raízes sociais, e uma outra mais recente e ameaçadora: a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida, a AIDS, como é internacionalmente conhecida.

A AIDS vem se alastrando pelo mundo e provocando, anualmente, milhares de mortes. Causada pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV), essa doença compromete o sistema de defesa do organismo do homem, debilitando-o e favorecendo a instalação de infecções de todos os tipos que, em geral, levam à morte.

Dessa debilidade imunológica, surge a principal ligação entre a AIDS e a tuberculose. Há evidências cada vez mais fortes de

que as pessoas infectadas pelo HIV e pelo bacilo de Koch (BK), causador da tuberculose, têm mais riscos de desenvolver esta doença.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) aproximadamente um terço da população mundial está infectada pelo *Mycobacterium tuberculosis* – o BK – e, a cada ano, entre oito e 10 milhões de pessoas adoecem, e perto de três milhões de pessoas morrem da doença. A tuberculose está ligada à fome, à miséria e a precárias condições de moradia, e portanto incide em maiores proporções nas regiões menos desenvolvidas. Segundo o Boletim da União Internacional contra a Tuberculose (nº 56, 1981), em algumas dessas regiões ela é responsável por até 15% de todas as causas de morte.



**Figura 1. Os números da tuberculose no mundo.**

Dentre os fatores de risco para a tuberculose, observados nos últimos 100 anos, a infecção pelo HIV é o mais importante, e a interação entre as duas infecções constitui um grave problema sanitário. Enquanto países onde a tuberculose já era considerada controlada voltam a apresentar números elevados de contaminação, outros, em que a tuberculose ainda era um grave problema de saúde pública, passaram a apresentar números alarmantes da doença.

Os dados sobre a tuberculose notificados à OMS pelos países membros, apesar dos esforços desenvolvidos pelos Programas Nacionais de Controle à Tuberculose, em muitos casos não refletem adequadamente a incidência da doença, sobretudo em função de dificuldades

operacionais enfrentadas pelos países em desenvolvimento.

Nos últimos anos, mais de 3,5 milhões de casos vêm sendo notificados anualmente, o que representa 24,6% de aumento em números absolutos e 13,4% de aumento na taxa por 100 mil habitantes, em comparação ao período 1983-1987 (figura 1). Dos números apresentados, pode-se concluir que enquanto no sudeste Asiático e no Pacífico oriental, que revelam maior aumento de casos, esse crescimento parece refletir uma melhoria no sistema de apuração e registro de notificações, na África, na Europa e nos EUA, há indícios de que o aumento seja influenciado pela AIDS.

Quanto à situação da tuberculose no Brasil, até o momento, o que foi no-

tado pelo Sistema de Saúde, a partir de 1991, foi uma inversão da tendência declinante do número de casos de tuberculose notificados. Entretanto, não é possível inferir que esse aumento seja motivado pelo crescimento da AIDS no país.

## SURGIMENTO E DISSEMINAÇÃO DA AIDS

Desde o seu reconhecimento, em 1981, entre homossexuais nos EUA, a AIDS vem se caracterizando como uma pandemia, ou seja, uma epidemia generalizada, afetando mais de 2,5 milhões de pessoas em todo o mundo. A análise retrospectiva sugere que a disseminação do HIV começou ao final da década de 70 ou no início da de 80, nas Américas, Oceania e oeste Europeu, primariamente entre

homens homossexuais ou bissexuais e usuários de drogas intravenosas, em áreas urbanas, e no Caribe e na África Central, entre homens e mulheres com múltiplos parceiros sexuais.

As vias fundamentais de transmissão do vírus são a sexual, tanto hetero quanto homossexual, o sangue – pelo uso compartilhado de seringas e agulhas não devidamente esterilizadas, por transfusão de sangue contaminado ou de seus derivados, ou ainda por exposição acidental do profissional de saúde ao sangue contaminado – e a contaminação do filho pela mãe infectada, durante a gravidez e trabalho de parto. O risco de transmissão 'social' é inexistente, e é muito importante frisar isso.

Nos últimos anos, um dos maiores êxitos tem sido fazer com que o público compreenda e aceite que atitudes sociais rotineiras, como dar a mão e comer com outra pessoa não favorecem a transmissão da doença. Informar e conscientizar a todos que o doente aidsético não deve ser afastado do convívio social, rejeitado enfim, é dever de todos os profissionais de saúde e também da mídia. Os meios de comunicação devem ser assessorados e amplamente utilizados para a correta divulgação de informações. Infelizmente, de vez em quando, alguns jornais mal-informados ou mesmo mal-intencionados publicam informações falsas ou sensacionalistas que geram medo e segregação, prejudicando o trabalho de esclarecimento em relação à doença.

Um dos grandes problemas ligados à AIDS é que, como os primeiros doentes notificados eram homossexuais e, em menor número, usuários de drogas intravenosas – grupos segregados pela sociedade – a doença era encarada como 'castigo divino'. Para muitos, a AIDS é algo como um preço que pagamos por uma má ação cometida.

Hoje, esse pensamento está cada vez mais restrito, talvez porque esteja aumentando a transmissão heterossexual, mas sobretudo porque a população em geral está compreendendo melhor o problema. A compreensão do problema ajuda a diminuir o medo que ele provoca. Mas é preciso também que todos entendam que a AIDS não é uma doença das minorias,

ela pode afetar a todos. Os únicos métodos eficazes para impedir a transmissão do HIV são a mudança de comportamento e o uso de sangue não-contaminado.

Graças à divulgação de informação e à disseminação do conhecimento, em alguns países o crescimento da AIDS vem sendo freado. Em outros, no entanto, a doença vem se tornando rapidamente mais significativa. Os EUA e o Brasil, este apesar da subnotificação, são dois dos países com maior número de casos de AIDS (EUA 289.320 até 31/03/93 e Brasil 43.455 até 02/10/93).

Nos EUA, diversos programas governamentais e não-governamentais vêm sendo desenvolvidos para controlar a doença. Associações de saúde, de grupos homossexuais, comunitárias, e outras vêm conseguindo frear o avanço da AIDS. Com os Programas de Redução de Riscos, criados a partir de 1985, tem-se obtido um decréscimo significativo na incidência da AIDS entre os homens heterossexuais, ao mesmo tempo em que outras doenças sexualmente transmissíveis também vêm apresentando uma considerável redução. No Brasil, poucos, e com reduzido apoio, vêm lutando contra a doença e contra a estigmatização dos doentes.

Clinicamente existem dois estágios na AIDS: o de infecção e o de doença. No primeiro, o indivíduo hospeda o vírus em seu organismo, mas não apresenta qualquer sinal clínico ou laboratorial de comprometimento significativo. Ele é rotulado de HIV+ (soropositivo) e não como um doente de AIDS, ou aidsético. No segundo, além da confirmação laboratorial da infecção pelo HIV, ele apresenta sinais de comprometimento imunológico e, conseqüentemente, doenças associadas. Este é o chamado doente de AIDS, ou aidsético.

Até agora, dois sorotipos de HIV estão reconhecidos: HIV-1 e HIV-2. O primeiro ainda predomina em todo o mundo, embora o segundo tenha se disseminado durante a década de 80, particularmente no oeste Africano. Os modos de transmissão são similares para ambos os vírus e as manifestações clínicas por eles determinadas não são distinguíveis.

Inicialmente, nos países desenvolvidos, os homens estavam mais expostos

que as mulheres ao HIV, como resultado de relacionamento homossexual ou de uso de drogas intravenosas. Entretanto, à medida que a transmissão heterossexual foi se tornando mais comum, a diferença entre as proporções de homens e de mulheres infectados pelo HIV é de três para dois casos e, por volta do ano 2000, essa diferença tende a desaparecer, na proporção de um para um (ver 'A evolução da AIDS e as projeções para o ano 2000').

O aumento da taxa de infecção entre as mulheres é acompanhado pelo incremento do número de crianças que nascem infectadas pelo vírus. Hoje, acredita-se que cerca de um milhão de crianças tenham sido infectadas através da mãe, e elas rapidamente desenvolvem AIDS e morrem – na maioria dos casos antes dos cinco anos de idade.

## A INTERAÇÃO ENTRE TUBERCULOSE E AIDS

A infecção pelo HIV determina deterioração lenta e progressiva das respostas imunológicas no homem, especialmente as mediadas por células, permitindo a instalação e o desenvolvimento de diversas doenças infecciosas. Tanto microorganismos de baixa agressividade como germes oportunistas podem provocar doenças graves em pacientes imunodeprimidos pelo HIV. A tuberculose é uma dessas complicações possíveis e tem sido considerada uma das mais importantes e frequentes.

Apesar de não definitivamente estabelecido, aceita-se que cerca de 90% das pessoas sem comprometimento imunológico, ao serem infectadas pelo BK, não desenvolvem a doença clínica. A efetividade das reações imunes decorrentes da infecção pelo BK é o fator decisivo no desenvolvimento ou não da tuberculose.

No organismo humano existe uma imunidade natural que começa a desenvolver-se precocemente com o contato com as micobactérias ambientais. Essa condição, exacerbada pela vacinação BCG, pode ser suficiente para protegê-lo na eventualidade de uma infecção pelo bacilo de Koch.

Routineiramente, o BK penetra no organismo humano pela via respiratória e alcança porções periféricas do pulmão, de

## A EVOLUÇÃO DA AIDS E AS PROJEÇÕES PARA O ANO 2000

Cerca de 80 a 90% dos indivíduos infectados pelo HIV terão AIDS ou doenças a ela relacionadas em um prazo de 10 anos, de acordo com o conhecimento atual. Entretanto em biologia não existem certezas absolutas. Um pequeno número de pessoas infectadas seguem sendo HIV+ por mais de 10 anos e não apresentam os sintomas da doença. Também há indivíduos que, por uma razão ou por outra, têm estado sexualmente expostos a pessoas infectadas durante anos – isto é, em uma situação em que, normalmente, o vírus seria transmitido – e sem dúvida não foram infectados e permanecem HIV-.

Atualmente, o HIV está sendo transmitido em todos os continentes e estima-se que, até meados de 1993, mais de 14 milhões de infecções pelo HIV tenham ocorrido (figura 2). Apesar de ter sido descrita somente há pouco mais de uma década, e de certamente haver subnotificação de casos, o número de doentes vem crescendo em grande proporção, tornando-se um grave problema de saúde pública em diversos países.

Segundo as notificações à OMS, em 1983 foram detectados 4.932 casos em todo o mundo, e até junho de 1993, 718.894 casos de AIDS haviam sido notificados. Pelas estimativas da própria OMS, entretanto, cerca de 2,5 milhões de casos devem ter ocorrido até 1983. Essa estimativa é baseada nos dados disponi-

veis sobre a distribuição e a disseminação do HIV pelo mundo e é consistente com os efeitos do subdiagnóstico, da subnotificação e do atraso na comunicação dos casos de AIDS. Ainda como consequência dessas falhas e desvios de notificação, enquanto 50% dos casos notificados provêm dos países desenvolvidos, cerca de 80% dos casos estimados seriam oriundos de países em desenvolvimento.

Os EUA têm o maior número de casos conhecidos (289.320, até 2/19/93), seguido pela Tanzânia (38.719, até 7/1/93), Brasil (43.455, até 13/4/93), Uganda (34.611, até 1/11/92) e Quênia (31.185, até 1/10/92), segundo dados do Escritório de Tuberculose, da Divisão de Doenças Notificáveis da Organização Mundial de Saúde.

Em um número cada vez maior de países, a dinâmica na transmissão do HIV vem sofrendo mudanças com a via heterossexual aumentando consistentemente, sobretudo em populações com altas taxas de doenças sexualmente transmissíveis e de usuários de drogas intravenosas. As projeções permitem estimar que, no ano 2000, haverá entre 12,2 e 18,3 milhões de infectados e entre 5 a 6 milhões de doentes aidéticos em todo o mundo (Boletim da OMS nº 68, 1991). Atualmente, a única forma de prevenção da doença é evitar a infecção pelo HIV, agente causador da doença.

REGIÃO	NÚMERO DE ADULTOS INFECTADOS (INCLUINDO ÓBITOS)	NÚMERO DE CASOS DE AIDS EM ADULTOS	CASOS DE AIDS NOTIFICADOS EM ADULTOS E CRIANÇAS (CUMULATIVO)	DISTRIBUIÇÃO DA INFECÇÃO PELO HIV/SEXO	
				M(%)	F(%)
Oceania	mais de 25.000	menos de 5.000	3.963	85	15
América do Norte	mais de 1 milhão	mais de 300.000	249.035	85	15
Oeste Europeu	500.000	mais de 120.000	78.049	85	15
América Latina e Caribe	1,5 milhão	mais de 240.000	64.048	80	20
África sub-Saariana	mais de 8 milhões	mais de 1,5 milhão	210.376	45	55
Sul e Sudeste Asiático	mais de 1,5 milhão	mais de 30.000	1.445	65	35
Leste da Ásia e Pacífico	mais de 25.000	1.000	663	85	15
Leste Europeu e Ásia Central	50.000	mais de 3.000	2.850	87	13
Norte da África e Oriente Médio	mais de 75.000	10.000	1.160	80	20
TOTAL	mais de 3 milhões	mais de 2,2 milhões	611.589	60	40

Figura 2. Estimativas da OMS sobre o nº de casos de infecção pelo HIV e pela AIDS em 1993.

onde pode se alastrar para outras áreas e órgãos pelo sangue, linfa e pelos brônquios.

O bacilo tuberculoso é um parasita aeróbico estrito (que necessita de oxigênio para se desenvolver). Por isso sua atividade metabólica é controlada pela concentração parcial de oxigênio no tecido onde está aninhado, e sua transmissão geralmente é direta, de pessoa a pessoa. O BK pode permanecer com reduzida atividade metabólica no interior da célula por um grande período de tempo, já que não apresenta

toxicidade primária, ou seja, ele parasita a célula sem, necessariamente, destruí-la. Como sua velocidade de multiplicação é lenta, ele se torna mais vulnerável aos medicamentos que podem ser administrados de modo intermitente, isto é, o medicamento não precisa ser administrado em curtos intervalos de tempo.

Como existem variantes de BK, com diferentes potenciais de virulência, os padrões epidemiológicos da doença são diferenciados. A grande quantidade de antígenos (substâncias capazes de provo-

car a formação de anticorpos que reagem à infecção) promove diversas respostas imunes no organismo infectado, algumas das quais são determinantes do dano causado ao tecido pulmonar característico da tuberculose.

Habitualmente a tuberculose é transmitida de um doente infectado pelo bacilo tuberculoso para outra pessoa pela via inalatória. Ao tossir, espirrar e até mesmo falar, o doente portador de lesão pulmonar cavitária, cujo exame direto do escarro revela a presença do BK, e que é chamado

de bacilífero elimina milhares de gotículas (gotículas de *Flügge*) que permanecem em suspensão no ar. Pela ação das correntes de ar e do calor elas se desidratam tornando-se ainda menores (gotículas de *Wells*) e podendo permanecer por várias horas em suspensão. Uma pessoa que respire o ar contaminado por esse aerossol pode inalar as gotículas de *Wells* (em cada uma pode haver de um a quatro bacilos) e ser infectada. Embora seja possível a contaminação por outra via que não a inalatória – como o manuseio de material infectado com a subsequente introdução do bacilo na pele, no ato de coçar-se por exemplo –, é raro e acidental que isso aconteça.

Diversos estudos demonstram que as pessoas que têm contato e se comunicam cotidianamente com os doentes bacilíferos (comunicantes) estão expostas a um maior risco de serem infectadas, e que a probabilidade de desenvolver a doença é maior entre os recentemente infectados. O risco de disseminação e contágio do bacilo pode ser diminuído pela ventilação do ambiente, e principalmente pela ação dos raios solares ultravioleta que matam os bacilos.

Já a principal ação para reduzir o risco de alguém ser infectado por uma pessoa portadora do bacilo é a identificação deste e seu correto tratamento, eliminando-se, dessa forma, uma fonte de infecção e, conseqüentemente a chance de transmissão da doença. Estima-se que um portador do bacilo não descoberto pelo sistema de saúde infecte em média 10 pessoas por ano (ver 'O desenvolvimento da tuberculose').

A doença ocorre quando os mecanismos de defesa são suplantados pelos bacilos. Diversos fatores podem interferir na efetividade desses mecanismos: 1) a idade, já que organismos muito jovens ou muitos idosos têm uma resposta imune de menor intensidade; 2) o estado nutricional, que pode comprometer a função dos linfócitos T, células do sangue com ação imunológica; 3) resistência genética ao BK; 4) doenças neoplásicas (câncer), que alteram a imunidade; 5) alterações endócrinas, como o diabetes por exemplo; 6) alcoolismo, tabagismo; 7) depósito de sílica no pulmão (silicose);

8) uso de medicação imunodepressora; e 9) viroses, cujo principal exemplo é a AIDS.

Atualmente a infecção pelo HIV é o principal fator de risco para a tuberculose. Como o vírus está presente nas vias respiratórias inferiores, sua ação sobre os mecanismos locais de defesa imune fazem com que o risco de progressão de uma infecção tuberculosa para uma doença ativa possa ser de duas a 13 vezes maior nos indivíduos HIV+ (soropositivos) do que nos HIV- (soronegativos).

A infecção pelo HIV compromete os linfócitos e também os macrófagos (células que destroem partículas estranhas ao organismo, como vírus, parasitas e bactérias) envolvidos na defesa do organismo contra o BK. À medida que a perda da capacidade imunológica causada pelo HIV progride, a tuberculose pode surgir, tanto por reativação de uma infecção anterior, quanto pela falha dos mecanismos de defesa contra uma infecção recente.

### CONSEQÜÊNCIAS EPIDEMIOLÓGICAS DA INTERAÇÃO HIV/BK

O impacto da AIDS sobre a situação epidemiológica da tuberculose é diferente nos países desenvolvidos, quando comparado ao seu efeito sobre aqueles em desenvolvimento. Nos EUA, Europa e Austrália, a AIDS é mais observada em homens jovens (20 a 49 anos) homossexuais, bissexuais ou usuários de drogas intravenosas. Além disso o percentual da população jovem infectada pelo BK é baixo, tanto na Europa como nos EUA.

Nessas regiões o risco de infecção tuberculosa diminuía em cerca de 10 a 14% ao ano. Conseqüentemente, a prevalência de infecção tuberculosa entre indivíduos que hoje têm entre 20 e 50 anos é baixa. Assim, na Europa a probabilidade de se encontrar jovens infectados pelo HIV que já tenham sido infectados pelo BK é muito pequena e acredita-se que a situação epidemiológica da tuberculose não deva sofrer deterioração significativa. Estima-se que Europa, EUA, Japão, Canadá, Austrália e Nova Zelândia concorram com menos de 6% dos indivíduos infectados por HIV e pelo BK.

Já nos países em desenvolvimento a queda anual do risco de infecção tem sido

baixa, da ordem de 1 a 2% nas últimas quatro décadas. Nessas regiões, onde a prevalência de tuberculose é elevada, a situação é diferente. A proporção de infectados pelo BK é alta em praticamente todas as faixas etárias e o número absoluto de casos de tuberculose aumentará nos países onde a AIDS representa um sério problema sanitário.

### COMENTÁRIOS FINAIS

O impacto da AIDS sobre a situação epidemiológica da tuberculose é tão grande que, se não forem definidas e implementadas estratégias adequadas, os meios atuais de controle da tuberculose poderão não ser capazes de conter o aumento do número de casos que vem sendo identificado em diversos países.

Nas regiões com grande prevalência de infectados pelo BK e pelo HIV, é fundamental assegurar taxa de cura elevada dos doentes tuberculosos descobertos, particularmente dos que apresentam formas infectantes, para reduzir o risco de infecção e conter a deterioração da situação epidemiológica dessa doença.

O conhecimento acumulado sobre a associação tuberculose e AIDS permite concluir que, no curso da infecção pelo HIV a tuberculose costuma se apresentar antes das infecções oportunistas e pode preceder o diagnóstico de AIDS. As formas extrapulmonares e disseminadas de tuberculose são mais freqüentes nos HIV+ do que nos HIV- e, apesar dos fatos conhecidos sobre sua associação com AIDS, a tuberculose continua sendo evitável e curável.

Finalmente, nas áreas de alta prevalência de tuberculose, deve-se investigar a presença de tuberculose ativa ou inativa nas pessoas HIV+, a presença do HIV nos doentes com tuberculose ativa (particularmente se a doença é grave ou extrapulmonar) e se a tuberculose se apresenta em indivíduos com comportamentos de risco para infecção pelo HIV: parceria sexual com pessoa HIV+ ou pessoas de comportamento de risco, particularmente os que não usam preservativo durante o ato sexual; homossexualismo masculino; uso de drogas injetáveis; prostituição feminina e masculina; além das crianças nascidas de mãe HIV+.

“ Sabe-se que a energia do universo é constante e que ele está em expansão. É possível imaginar que está ocorrendo uma ‘diluição’ da energia? Quais seriam suas conseqüências? ”

Sidney Pacheco, Curitiba (PR)

Ivano Damião Soares, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, responde:

O modelo atualmente aceito para descrever o universo em escala cosmológica estabelece que ele é homogêneo, isotrópico e com geometria definida pela métrica de Robertson-Walker-Friedmann. Essa descrição – que vale para tempos de  $10^{-2}$  segundos, a partir da singularidade inicial, até a época presente – está em perfeito acordo com os dados observacionais: a isotropia da radiação de fundo com temperatura de 2,7 K, a expansão do universo (medida pelo desvio para o vermelho das raiais espectrais das galáxias e quasares), a abundância de elementos leves no universo (deutério, hélio e lítio) e a distribuição homogênea de aglomerados de galáxias em grandes escalas (este último sendo o dado observacional menos preciso).

Na métrica de Robertson-Walker-Friedmann, as escalas e as distâncias relativas no universo dependem linearmente de uma função do tempo cosmológico –  $R(t)$  –, que é denominada fator de escala. Das equações de Einstein para a gravitação, temos que, para diversas fases da história do universo, o fator de escala é uma função crescente com o tempo. As distâncias relativas no universo se expandem, sem que haja um centro preferencial de expansão, o que explica a recessão das galáxias e a expansão do universo. Nessa expansão, denominada de Hubble, um dado volume observacional aumenta com o tempo, de acordo com  $R^3(t)$ . As quantidades observadas – que, em geral,

são expressas em termos de densidade (quantidade física por unidade de volume) – devem em princípio diminuir à medida que o volume observacional se expande.

E o que se passa com a conservação da densidade de energia da matéria contida no universo? O conteúdo material observável pode ser separado em duas componentes básicas: uma componente não relativística, constituída da matéria luminosa das galáxias e de matéria escura fria (ainda sem modelo definitivo); e de outra componente, formada pela matéria relativística, constituída de fótons, neutrinos e matéria escura quente (também sem um modelo definitivo). No caso de matéria não relativística, a densidade de energia  $\rho_{\text{nonrel}}$  varia inversamente proporcional ao volume,  $\rho_{\text{nonrel}} = \text{constante}/R^3(t)$ , devido à expansão. No caso de matéria relativística, a densidade de energia  $\rho_{\text{rel}}$  se comporta como  $\rho_{\text{rel}} = \text{constante}/R^4(t)$ . O fator adicional  $1/R$  – que aparece na expressão  $\rho_{\text{rel}}$  comparada com  $\rho_{\text{nonrel}}$  – deve-se ao fato de que, para partículas relativísticas (grau de liberdade de massa igual a zero), há uma diminuição de frequência (ou aumento do comprimento de onda) devido à expansão. Note-se que as partículas com massa igual a zero tem comportamento ondulatório, com energia proporcional à sua frequência (ou inversamente proporcional ao seu comprimento de onda).

Assim, o que o leitor denomina ‘diluição de energia’ deveria ser corretamente expresso, no caso de matéria não relativística, por ‘diminuição da densidade de energia



devido à expansão do volume observacional do universo’, com conseqüente desvio para o vermelho das raiais espectrais das galáxias e dos quasares, por exemplo. Na matéria relativística, a diminuição da densidade de energia ocorre não somente pela expansão do volume, como também pelo aumento do comprimento de onda das partículas. É sempre possível associar uma temperatura  $T$  à matéria relativística do universo, que está relacionada ao fator de escala por  $T = \text{constante}/R(t)$ . Como conseqüência, à medida que o universo se expande a temperatura diminui, o que demonstra que o universo era mais quente no passado do que atualmente. Na radiação isotrópica de fundo (fótons com distribuição de corpo negro) observada no universo, a temperatura era mais alta no passado (por exemplo,  $T \sim 3.000$  K, logo após a recombinação) e hoje é de apenas 2,7 K.



Um planeta quer falar com você. *Ciência Hoje* - BBS  
Um planeta quer falar com você. *Ciência Hoje* - BBS  
Um planeta quer falar com você. *Ciência Hoje* - BBS  
Um planeta quer falar com você. *Ciência Hoje* - BBS

Um micro e uma linha telefônica. Se você tem os dois o mais difícil está feito. Agora, basta somar a eles uma placa de fax/modem e entrar em linha com a Terra e, mais importante, fazer contato com o primeiro BBS do Brasil dedicado exclusivamente à ciência.

### É fácil:

- procure uma loja de suprimentos de informática. Você vai descobrir que a placa fax/modem custa cerca de 5% do preço de um micro. O investimento é pequeno, a instalação é simples e, no final, ela transforma seu PC em um fax completo e em um receptor/transmissor de dados;
- ligue para (021) 295-6198 (de 2ª a 6ª, das 20h às 8h, e nos fins-de-semana, a qualquer hora). É o telefone da *Ciência Hoje* - BBS, que coloca você em dia com os limites da ciência. E não pague nada por isso!

### No *Ciência Hoje*-BBS, você encontra:

***Ciência Hoje*-Hipertexto.** A primeira revista de divulgação científica editada para ser lida em computador. Nela, está o melhor da edição impressa de *Ciência Hoje*, com direito a cores, gráficos e fotos.

**Textos.** Dispense o xerox e tenha os artigos de *Ciência Hoje* prontos para usar, direto em seu editor de textos. Fazer com eles pesquisas, trabalhos escolares e apresentações fica muito mais fácil.

**Jogos educativos.** Use seu micro para aprender, mas evitando a didática tradicional: tenha acesso direto a um acervo que já chega a 50 jogos, desde aritmética para crianças até modelagem química em 3-D.

**Linha direta.** Fale diretamente com a revista: assinaturas, dúvidas sobre os assuntos publicados, sugestões, suporte técnico. Basta ligar e deixar uma mensagem que ela será respondida em, no máximo, 48 horas.



# A origem das letras do alfabeto

**Luiz Carlos Cagliari**

*Departamento de Linguística,  
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)*

**N**o começo, eram os pictogramas. A escrita era feita com o desenho das coisas, representando as palavras usadas para designar essas coisas. A palavra 'olho' podia ser , 'casa' podia ser . Os nomes dos caracteres eram os nomes das próprias coisas. Essa escrita, chamada ideográfica, era fácil de ser entendida em muitas línguas.

Com o passar do tempo, no entanto, viu-se que havia um grande problema: os símbolos eram muito numerosos, assim como a relação de coisas a serem representadas, que se tornavam cada vez mais complexas. Os pictogramas cederam lugar, então, aos silabários, sinais representando os sons das sílabas. Mudou o ponto de partida da escrita, que passou do significado para o som das palavras, de ideográfica a fonográfica.

Com isso, houve uma redução enorme no número de caracteres necessários à composição de palavras. E uma outra modificação importante ocorreu: os nomes dos caracteres foram perdendo a relação de conotação com as coisas representadas e adquirindo significado próprio. Porém, o melhor tipo de caractere para representar os sons ainda não era o silábico, que trazia muitas redundâncias. Se existiam 'letras' como PA, BA, TA, SA, LA, RA ou PE, BE, TE, SE, LE, RE, podia-se simplificar mais ainda e formar uma nova classe de caracteres, com A, E, P, B, T, S, L, R etc.

Esta é, na teoria, a lógica do desenvolvimento do alfabeto. Mas na prática, as coisas não aconteceram de modo tão perfeito, nem a escrita apareceu ao mesmo tempo em todos os povos, o que torna essa história ainda mais fascinante.

Os sistemas silábicos do Oriente Médio vieram da escrita suméria (iniciada por volta de 3200 a.C.), que se transformou em cuneiforme com o domínio da civilização acadiana (2000 a 600 a.C.). Os dois pólos mais importantes de irradiação dessa escrita foram as civilizações babilônica e assíria da Mesopotâmia. Os acadianos, assim como os egípcios, falavam uma língua semítica, ramo ao qual pertencem hoje o árabe e o hebraico.

Um breve exame dessas línguas mostra que, nelas, as palavras têm uma formação muito especial, se comparadas às de outros ramos, como o anglo-germânico e o neolatino. Nestes, as palavras apresentam uma idéia central, marcada pela 'raiz', e idéias adicionais, marcadas por 'sufixos' e 'prefixos'. Assim, a palavra 'ilegalmente' tem a raiz 'leg', que traz a idéia principal, referente a 'lei', o prefixo 'i', que implica uma negativa, e os sufixos 'al', que indica uma qualidade, e 'mente', que se refere a um estado ou modo.

Nas línguas semíticas, as palavras trazem a idéia central na combinação de três consoantes. Assim, no árabe, à seqüência KTB é atribuída a idéia central de algo relativo a 'escrita'. Outras idéias adicionais são acrescentadas através da inserção de vogais diferentes junto às consoantes, formando-se, deste modo, novas palavras. Por exemplo, *katab* significa 'ele escreveu'; *kaatib* significa 'escritor'; *kitab* significa 'livro'. As vogais eram facilmente recuperáveis na leitura, através do contexto.

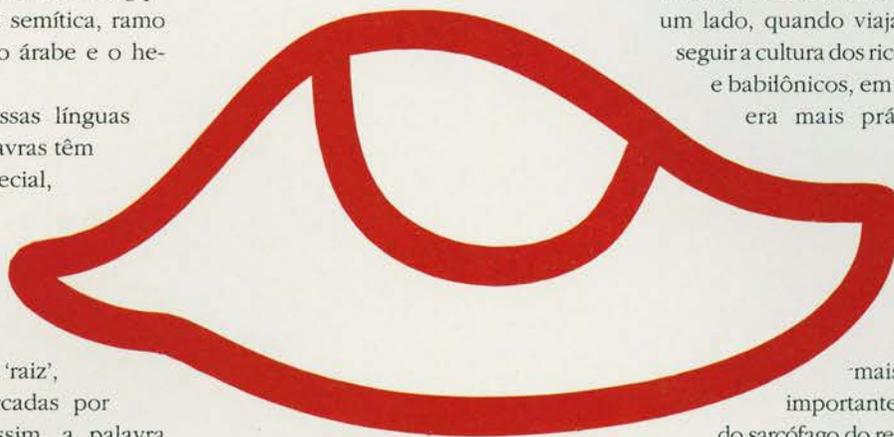
A solução parecia satisfatória, uma vez que, nas línguas semíticas, o sistema fonológico apresenta apenas três fonemas vocálicos: I, U, A. Outras qualidades vocálicas eram facilmente detectáveis a partir de regras tão simples quanto a que, em português, identifica o som do Ê aberto em 'belo', 'bela', e o do Ê fechado em 'beleza'.

O sistema de representação consonantal dos semitas durou milênios: só a escrita egípcia durou três mil anos. É claro que os sistemas de escrita não usam apenas um procedimento de representação. A própria escrita egípcia, basicamente do tipo

consonantal, utilizava também símbolos ideográficos, determinativos semânticos e fonéticos.

### O alfabeto semítico

Os semitas das grandes civilizações estavam satisfeitos com seus sistemas de escrita. De um lado, no nordeste da Áfri-



ca, predominava o sistema egípcio, e do outro, na Mesopotâmia, o sistema cuneiforme. Acontece, porém, que entre esses dois pólos de civilização viviam povos que não estavam comprometidos demais com essas culturas, mas que eram grandes comerciantes no Mediterrâneo. Eles logo perceberam que os silabários cuneiformes eram muito práticos (com poucos caracteres escrevia-se qualquer palavra) mas que a escrita egípcia tinha uma forma gráfica mais atraente para ser escrita e lida, útil sobretudo nas necessidades do dia-a-dia.

Surgiu, então, uma escrita com caracteres egípcios para línguas do Oriente Médio. Como eram línguas que estavam sendo escritas pela primeira vez, nada mais conveniente do que unir as vantagens gráficas dos caracteres egípcios às vantagens funcionais da escrita cuneiforme que, há muito, já abandonara a maioria dos caracteres ideográficos em favor de um silabário com poucos caracteres.

Os documentos mais antigos que nos chegaram dessa nova escrita foram descobertos em 1904-1905 pelo arqueólogo britânico Flinders Petrie, em Serabit el Khadin, no Sinai. Essas inscrições, chamadas de proto-sinaíticas, datavam de cerca de 1500 a.C. e foram estudadas minuciosamente pelo grande egiptólogo, também britânico, Alan Gardiner, que

demonstrou sua ligação com os hieróglifos egípcios. A escrita proto-sinaítica certamente influenciou o que veio depois, mas faltam-nos documentos para estabelecer as pontes nos tempos e lugares corretos.

No outro extremo do Oriente Médio, os fenícios tinham na escrita um instrumento importante de sua atividade comercial ao redor do Mediterrâneo. Se, por um lado, quando viajavam valia a pena seguir a cultura dos ricos egípcios, assírios e babilônicos, em casa a nova escrita era mais prática e, portanto,

mais útil. Ao que tudo indica, a escrita fenícia já estava estabelecida no século XIII a.C., época dos documentos mais antigos. Os mais importantes são as inscrições do sarcófago do rei Ahiirâm de Biblos, que datam de cerca de 1300 a.C., e os da pedra Moabita, do rei Meša, que datam de 842 a.C.

No século XI a.C., o sistema utilizado na escrita fenícia já tinha passado por várias modificações e se fixado numa forma definitiva, com 22 letras apenas. Ela está na origem de muitas outras escritas, como a árabe, a hebraica, a aramaica, a tamúdica, a púnica (de Cartago) e, sobretudo, a escrita grega, da qual se derivou a latina, origem do alfabeto que hoje usamos.

Os semitas do Oriente Médio puseram em prática aquela idéia de formar uma escrita com poucos caracteres e com formas gráficas de fácil desenho. Para isto, fizeram uma lista de palavras, de tal modo que cada uma delas começasse pelo som de uma consoante diferente, e sua sucessão representasse todas as consoantes. Além disso, o significado dessas palavras devia se associar diretamente a hieróglifos egípcios que pudessem ser usados para representar os sons iniciais. A primeira palavra da lista era *'aleph* (boi) e para representá-la foi escolhido o hieróglifo que era o desenho de uma cabeça de boi. A segunda palavra foi *beth* (casa), que ficou associada ao hieróglifo que representava uma casa. Obviamente, em egípcio, esses hieróglifos estavam associados às mesmas idéias mas não aos mesmos sons. Por exemplo, 'casa' em

egípcio é *per* e não *beth*.

Feita a tabela com os caracteres, os significados e os nomes, estava criado o alfabeto. Agora, o hieróglifo egípcio que representava 'casa' e que era associado às consoantes PR, passou a ser o caracter que representava apenas o som B, inicial da palavra *beth*, a qual passou, por sua vez, a ser o nome da letra. Esse procedimento estendeu-se a todas as palavras da relação, surgindo deste modo o alfabeto.

O novo sistema de escrita assim constituído, além de escrever só consoantes, tomou-se uma forma de escrita puramente fonética. Agora, para escrever, era preciso decompor as sílabas em seus elementos consonantais e vocálicos, registrando com os novos caracteres apenas os elementos consonantais. Um princípio acrofônico era a chave para decifrar e escrever o alfabeto: bastava saber o nome das letras, reconhecer o som consonantal inicial e usar o caracter correspondente para escrever as consoantes que iam sendo detectadas nas palavras a serem escritas.

A idéia parecia boa demais e de fato iria servir de modelo, muitos séculos depois, para que os lingüistas criassem os alfabetos fonéticos e pudessem registrar e ler os sons de todas as línguas do mundo, mesmo daquelas que nunca tinham sido escritas. Porém do ponto de vista do uso, como veremos adiante, esse novo sistema encontrou um obstáculo intransponível na variação dialetal da fala das pessoas. Teve então que sofrer uma modificação básica, justamente no aspecto que parecia mais promissor, a representação fonética dos sons da fala.

Formas derivadas da escrita fenícia foram encontradas em muitas regiões do Mediterrâneo. Documentos provenientes da Espanha (El Pendo), da França (Glozel), de Portugal (Alvão), da Itália e até da Iugoslávia têm inscrições (não decifradas) em caracteres cuja forma gráfica lembra de perto a escrita fenícia. Em outros lugares, como na Líbia, na Mesopotâmia, na Turquia e na Grécia, a escrita fenícia foi adaptada às línguas locais e passou a ter um amplo uso social.

### O alfabeto grego

Segundo Heródoto, um fenício chamado Cadmos, que viveu de 1350 a 1209 a.C.,

instalou-se na Boécia, onde fundou Tebas, e começou a escrever grego com 16 caracteres fenícios. Conta-se também que, durante a guerra de Tróia, surgiram quatro novas letras, introduzidas por Palamedes. O alfabeto grego teria sido completado pelo poeta Simônides de Ceos (556-468 a.C.) com mais quatro letras. É difícil distinguir a história da lendosa semítica (U, I, A), o grego tinha outras cuja identificação não era tão fácil como nas línguas semíticas.

O fato de colocar letras representando consoantes e vogais, umas ao lado das outras, compondo as sílabas, deu ao sistema de escrita o verdadeiro alfabeto. É por isto que muitos estudiosos dizem que o alfabeto propriamente dito foi inventado pelos gregos. Esta afirmação dá ênfase à função das letras na representação dos segmentos das sílabas e deixa de lado, de certo modo, a própria natureza das letras, tal qual existia na escrita semítica. São duas concepções dife-

rentes do que é uma escrita alfabética.

No esforço para adaptar à sua língua o sistema de escrita já estabelecido para os fenícios, os gregos seguiram o mesmo princípio acrofônico da escrita fenícia. Começaram adaptando os nomes das letras, lendo-os à moda grega. Assim, 'alef' passou a se chamar *alfa*, 'beth' passou a se chamar *beta*, e assim por diante. O conjunto das letras recebeu um nome composto pela soma das duas primeiras, ou seja, *alfabeto*. Algumas letras dos fenícios representavam sons inexistentes em grego. Passaram, então, a representar sons que existiam em grego mas não

nas línguas semíticas. As novas letras inventadas basearam-se no estilo gráfico das já existentes.

O alfabeto grego passou mesmo a ter letras para mais de um segmento fonético das sílabas, como ζ = [dz], ξ = [ts], χ = [ks], ψ = [ps]. É curioso notar que o grego arcaico começou distinguindo a aspiração de sua não-ocorrência através de dígrafos, escrevendo ΘΤ para [th] e somente depois a letra θ passou a representar sozinha o som [th], ficando a letra τ para a representação de [t]. A distinção entre κ e χ diferenciava [k] de [kh]. Sutilezas fonéticas também surgiram nas vogais, com letras diferentes para as breves ε ι ο e as longas η ω.

O documento mais antigo que temos é a inscrição no vaso *Dipylon* (entre os séculos IX e X a.C.). Outros exemplos são as inscrições de Yehimelek, Tera, Melos e Creta. Somente no século IV a.C. foram uniformizados os diferentes usos das le-

tras num alfabeto de 24 letras, com uma ortografia estabelecida, formando a escrita do grego clássico.

As marcas de acento e

alguns sinais de pontuação, acompanhando a escrita das palavras, foram introduzidas por Aristófanes de Bizâncio (250-180 a.C.) e pelo gramático Aristarco. O documento mais antigo com essas marcas é o papiro *Bacchylides*, que data do século I a.C., mas os sinais diacríticos só se tornariam obrigatórios na escrita a partir do século IX de nossa era. O tipo atual dos caracteres gregos foi lançado em 1660 por Wetstein de Antuérpia.

Os antigos costumavam escrever as palavras sem separação, emendando



# Letras, do Egito aos no

HIERÓGLIFOS EGÍPCIOS	SIGNIFICADO DOS HIERÓGLIFOS E DO NOME DAS LETRAS SEMÍTICAS	LETRAS SEMÍTICAS (FENÍCIO)	NOME DAS LETRAS SEMÍTICAS (HEBRAICO)	GREGO ANTIGO	NOME DAS LETRAS GREGAS	FORMA ATUAL DAS LETRAS GREGAS	ROMANO	FORMA MINÚSCULA
3000 a.C	—	1500 a.C.	—	850 a.C. 500 a.C.	—	—	650 a.C. 114 d.C.	Idade Média
	boi	𐤀	alef	𐤀 A	alfa	A α	Α	A a
	casa	𐤁	beth	𐤁 Β	beta	B β	Β	B b
	bumerangue	𐤂	gimel	𐤂 Γ	gama	Γ γ	Γ	C c
	porta	𐤃	daleth	𐤃 Δ	delta	Δ δ	Δ	D d
	olhar alegrar-se	𐤄	hé	𐤄 Ε	épsilon	E ε	Ε	E e
	gancho	𐤅	vau	𐤅	digama	— —	Ϝ	F f
	cerca	𐤆	heth	𐤆 Η	eta	H η	Η	H h
	mão	𐤇	iod	𐤇 Ι	iota	I ι	Ι	I i
	palma da mão	𐤈	kaf	𐤈 Κ	kapa	K κ	Κ	K k
	cajado	𐤉	lamed	𐤉 Λ	lambda	Λ λ	Λ	L l
	água	𐤊	mem	𐤊 Μ	mi	M μ	Μ	M m
	serpente	𐤋	nun	𐤋 Ν	ni	N ν	Ν	N n
	olho	𐤌	ayin	𐤌 Ο	ômicron	O o	Ο	O o
	boca	𐤍	pé	𐤍 Π	pi	Π π	Π	P p
	nó	𐤎	quof	𐤎	quopa	— —	Ϟ	Q q
	cabeça	𐤏	rech	𐤏 Ρ	rô	P ρ	Ρ	R r
	dente	𐤐	chin	𐤐 Σ	sigma	Σ ς	Σ	S s
	marca	𐤑	tau	𐤑 Τ	tau	T τ	Τ	T t
	gancho	𐤒	vau	𐤒 Υ	ípsilon	Υ υ	Υ	U u
	peixe	𐤓	samec	𐤓 Ξ	ksi	ξ X	Ξ	X x
	foice	𐤔	zayin	𐤔 Ζ	dzeta	Z ζ	Ζ	Z z

O alfabeto grego inclui ainda a letra teta, (Θ, θ) que derivou do hieróglifo ☉ (sol), cujo correspondente na escrita semítica era ⊗ (teth), e as letras psi (Ψ, ψ), fi (Ϝ, ϝ), ki (Χ χ) e ômega (Ω, ω), inventadas pelos próprios gregos, que não constam do quadro por não terem correspondentes em português.

A letra *a* tem sua origem mais remota no pictograma do hieróglifo egípcio que representa a cabeça de um boi. A partir daí surgiu, na escrita fenícia, a letra alef, de onde se originou a letra grega alfa, que ficou representando a vogal *a*. Até hoje, a letra *A* se parece com o desenho da cabeça de um boi, com os chifres para baixo.

A letra *b* vem do pictograma egípcio que representa uma casa mediterrânea de teto achatado. A palavra semítica que significa 'casa' é beth, origem do nome da letra grega beta, de onde derivou o *b*.

A letra *c* representava, em latim antigo, os sons "k" e "g", e derivou da letra grega gama. A letra fenícia gimel correspondente significava 'camelo' ou 'bumerangue', e sua forma gráfica é atribuída ao hieróglifo egípcio que representava um bumerangue.

A letra *D* lembra até hoje o desenho de uma porta, como acontecia na sua origem egípcia. A palavra fenícia que significa 'porta' é daleth, de onde surgiram o delta grego e a letra *d*.

A letra *e* foi adaptada pelos gregos como vogal com o nome de épsilon, da letra fenícia hé. Essa letra vem do hieróglifo egípcio que significava 'contemplar', 'olhar', 'alegrar-se'.

A letra *f* tem sua origem na letra fenícia vau, oriunda do hieróglifo que representa o termo 'gancho' ou 'suporte'. Dessa letra, os gregos derivaram o digama, que gerou o *f*, e outras letras, como o *u*, o *v*, o *w* e o *y*.

A letra *h* vem da letra semítica heth. O grego usou essa letra para representar a vogal longa eta. A origem egípcia dessa letra é o hieróglifo que significa 'cerca' ou 'corda trançada'.

A letra *i* surgiu do uso que os gregos fizeram da letra iod da escrita semítica. Essa letra representava uma consoante que tem som semelhante ao da vogal *i*. O hieróglifo egípcio que representa uma mão (e que se diz iod nas línguas semíticas) serviu de modelo para a grafia da letra fenícia. A letra grega correspondente chama-se iota.

A letra *k* veio do grego kapa, que por sua vez veio do fenício kaf e significa 'palma da mão'. A origem egípcia dessa letra é o hieróglifo que representa uma mão com a palma virada para cima.

A letra *L* originou-se do antigo hieróglifo egípcio que representa um cajado e que se dizia lamed nas línguas semíticas. Os gregos a adaptaram com o nome de lambda.

A letra *m*, que em grego se diz mi, veio do correspondente fenício mem, que significa 'água'. O hieróglifo egípcio originário representa as ondas das águas.

A letra *n* deriva do desenho de uma serpente, segundo a forma do hieróglifo egípcio, tendo o nome de nun nas línguas semíticas, e de ni em grego.

A letra *o* é outra vogal inventada na escrita grega, onde tem o nome de ômicron, que significa 'o minúsculo', ou 'breve'. Em fenício, o modelo foi a letra ayin, que significa 'olho', derivada do hieróglifo egípcio de idêntico significado.

A letra *p* revela hoje muito pouco de sua origem pictográfica, que representava uma boca. A letra cujo nome traz esse significado, nas línguas semíticas, é o pé. A letra grega correspondente tem o nome de pi.

A letra *q* só era usada em latim diante de *u*, como a usamos hoje. Sua origem é o quopa grego, que veio do quof fenício, que significa 'nó'. Sua forma gráfica derivou do hieróglifo egípcio que representa um nó.

A letra *r* lembra ainda hoje o desenho de uma cabeça, como o hieróglifo egípcio. Em fenício, seu nome é rech, que deu origem à letra grega rô.

A letra *s* veio da letra grega sigma, nome que os gregos inventaram. Essa letra se originou da letra fenícia chin, que significa 'dente', a qual derivou do hieróglifo egípcio correspondente.

A letra *t* representava originalmente uma marca, cujo hieróglifo egípcio lembra um *x*. O nome fenício para 'marca' é tau. Em grego, o nome da letra permaneceu o mesmo.

A letra *u* apareceu como vogal em grego com o nome de úpsilon, representando um som semelhante ao *u* francês. Sua origem é a letra fenícia vau, derivada do hieróglifo egípcio que significa 'gancho' ou 'suporte'.

A letra *x* veio da letra fenícia samec, oriunda do hieróglifo egípcio que representava a palavra 'peixe'. Os gregos fizeram um uso específico dessa letra para escrever o grupo de consoantes formado de *k* + *s*, e deram-lhe um novo nome, ksi.

A letra *z* até hoje lembra sua forma primitiva egípcia — uma foice. Seu nome fenício é zayin. Em grego, ficou com o nome dzeta.

umas nas outras. Para evitar ambigüidades ou simplesmente destacar palavras usavam um ponto separando-as. Os semitas escreviam em geral da direita para a esquerda. Os gregos começaram a escrever na forma *bustrofedom* (em grego, 'caminho do boi'), compondo uma linha da esquerda para a direita e a seguinte da direita para a esquerda, invertendo a direção dos caracteres, e assim sucessivamente a cada nova linha.

### *Um impasse na escrita alfabética*

Alguns dos povos semitas, como os egípcios, os assírios e os babilônicos, tiveram uma grande civilização e contaram com sistemas de escrita próprios e bem estabelecidos. Outros povos menores, que viviam no Oriente Médio, passaram a escrever somente depois do surgimento da escrita alfabética. A adaptação do sistema existente a essas línguas ágrafas procurava manter as funções das letras, com variações locais na forma gráfica de alguns caracteres, mas sem grandes modificações, como as que ocorreram entre os gregos.

Em ambos os casos, entretanto, os usuários da escrita tiveram que enfrentar o sério problema dos dialetos. As diferenças dialetais da língua grega podiam ser reunidas em quatro grandes grupos: o arcádio, da Arcádia e de Chipre; o eólio da Tessália, Beócia e do Norte; o jônico, da Ática; e o dórico, do Peloponeso (exceto Arcádia) e Creta. Por sua importância histórica e cultural, o dialeto ático, próprio de Atenas, prevaleceu e passou a ser conhecido como *koiné*, ou seja, 'língua

**Os caracteres egípcios deram origem à escrita semítica. Observe que o nome da letra semítica coincide com o significado do hieróglifo egípcio. O alfabeto grego formou-se a partir do sistema de escrita fenício, uma ramificação da escrita semítica, que funcionou como modelo gráfico. Alguns caracteres fenícios, entretanto, passaram a representar vogais no alfabeto grego, perdendo seu valor consonantal de origem (as línguas semíticas grafavam apenas as consoantes das palavras). Pode-se dizer que os gregos, ao introduzirem vogais no sistema de escrita, desenvolveram o primeiro alfabeto moderno. O abecedário romano, empregado até hoje, derivou do alfabeto grego. Inicialmente existiam apenas as letras capitais (maiúsculas). As minúsculas correspondentes surgiram na Idade Média. Seu uso cursivo, com ligaduras entre as letras, modificou bastante a sua forma gráfica.**

comum'. Posteriormente, a palavra *koiné* passou a representar apenas a linguagem do povo, por oposição à da elite.

Diante de tal diversidade lingüística, o alfabeto parecia fadado a desaparecer, pois já não podia ser um sistema de escrita útil para uma sociedade com tanta variação dentro de uma mesma língua. Mas a escrita acabou sendo salva pela ortografia. Com a introdução da noção de ortografia na escrita alfabética, as palavras passaram a ser escritas apenas de uma forma e foi possível neutralizar as variantes dialetais.

Obviamente, a ortografia de uma língua depende basicamente do seu prestígio. A língua passa a ter uma ortografia mais regular e estável quando surge uma obra clássica modelar. Foi o que aconteceu com o grego antigo e, muitos anos depois, com as línguas derivadas do grego e do latim.

### O alfabeto romano

Os etruscos instalaram-se no centro da Itália por volta do ano 1000 a.C. Uma das poucas coisas que se conhece desse povo é sua escrita, baseada no alfabeto grego. Por volta de 700 a.C., os etruscos começaram a escrever, adaptando à sua língua o alfabeto grego de 21 caracteres que, com o tempo, chegou a ter 26 letras. O documento mais antigo que deixaram é o *Cippus Perusianus*, do século V a.C.

Aos etruscos sucederam os romanos. Roma foi fundada em 753 a.C. e desde sempre manteve vínculos com os gregos. A República Romana começou em 509

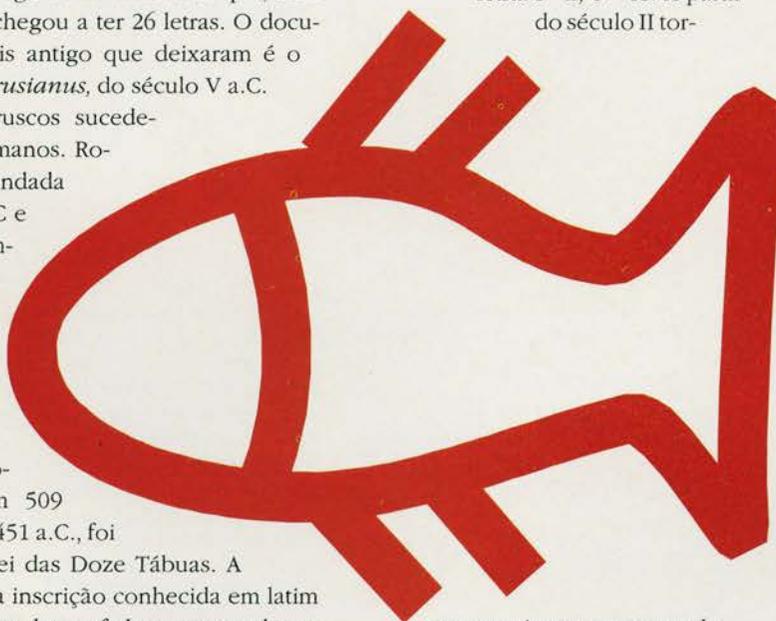
a.C. e, em 451 a.C., foi escrita a Lei das Doze Tábuas. A mais antiga inscrição conhecida em latim foi feita em *bustrofedom* e gravada na 'Pedra Preta' do Fórum Romano, por volta do ano 600 a.C.

Dos 26 caracteres etruscos, os romanos passaram a usar apenas 21 letras. Algumas sofreram modificações na forma gráfica e, sobretudo, no valor fonético. Depois que

houve uma mudança fonética significativa no latim, distinguindo fonemicamente os sons *k* e *g*, a letra *C*, que originariamente representava o *g*, passou a representar o *k*; a letra *K*, que representava o *k*, caiu em desuso e foi substituída pela letra *C*. Para representar, então, o som de *g*, os romanos passaram a anotar a letra *C* com uma pequena barra vertical na parte inferior, no final da curva, dando origem, assim, à letra *G*. A invenção do *G* foi atribuída a Spurius Carvilius Ruga (230 a.C.). Do *ipsilon* grego, os romanos ficaram apenas com a forma *V*, representando um segmento labial consonantal ou vocálico. Posteriormente, com a distinção fonêmica entre estas duas realizações, a letra *V* ficou para o segmento consonantal e a forma arredondada *U* para a vogal. A forma grega do *Y* limitou-se à escrita de palavras de origem grega. Alguns eruditos e até imperadores, como Cláudio, tentaram inventar letras para se tornarem famosos, mas nenhuma dessas tentativas deu certo.

Os romanos usavam um diacrítico chamado *apex* para marcar vogais ou consoantes longas (geminadas). Tal uso não era, porém, obrigatório. Esse diacrítico era um acento ou uma vírgula sobre a

letra:  $\acute{I}$  = *ii*,  $\acute{S}$  = *ss*. A partir do século II tor-



na-se mais comum o uso da *compendia*, ou seja, da ligadura para unir duas letras, como  $A + E = \text{Æ}$ ,  $O + E = \text{Œ}$ .

As formas gráficas da escrita cursiva desenvolvida pelos romanos alteraram bastante as letras capitais de seus monumentos. Documentos com esse tipo de

escrita, chamado *pugillares*, foram encontrados em Pompéia em 1875. Em 1973, muitas tabuinhas com a mesma forma de escrita foram descobertas no poço de um forte romano em Vindolândia, no norte da Inglaterra.

Com o objetivo de seguir o princípio acrofônico já mencionado, os romanos modificaram os nomes das letras. Se a chave para decifração das letras está em seus nomes, uma vez perdido totalmente o caráter icônico das formas gráficas, já não se precisava mais de nomes com significados especiais para as letras, como no alfabeto dos semitas. Por outro lado, não havia a necessidade de adaptar esses nomes à língua, como fizeram os gregos. O mais prático era designar as letras por monossílabos iniciados com o som mais representativo de cada uma delas.

Foi assim que as letras passaram a se chamar *a*, *bê*, *cê*, *dê* etc. e o alfabeto passou a ter um outro nome, em português: 'abecê'. Na época de Varrão (116-27 a.C.), havia duas maneiras de dizer os nomes de algumas letras: a antiga e uma nova, com um *E* inicial, seguindo-se o som da consoante, como em *EF*, *EL*, *EM*, *EN*, *ER* e *ES*.

### O alfabeto romano depois do latim

A forma misturada de dizer o nome das letras em latim passou, mais tarde, para as línguas neolatinas, como o português. Essa mudança alterou, em parte, o princípio acrofônico. Posteriormente, com a introdução de novas letras, o princípio acrofônico nem sempre foi respeitado. Assim, a letra *H*, que os romanos chamavam de *adspiratio*, passou a se chamar 'agá' em português. Desde sua origem mais remota, ela tem sido usada como uma espécie de 'coringa', representando sons diversos ou, mais freqüentemente, modificando o valor fonético da letra anterior e formando dígrafos.

A letra *W*, em Portugal chamada de 'duplo vê' e no Brasil de 'dábliu', já aparece em documentos insulares em 692 e veio, como o nome português indica, da escrita de dois *V*. Sua difusão deve-se ao extenso uso que teve em manuscritos da Alemanha nos séculos XI e XII. No século XVII, passou a representar uma consoante diferente, tornando-se assim uma letra a mais no alfabeto.

A letra J é também uma invenção da Idade Média. Surgiu quando os escribas perceberam que, escrevendo dois II góticos juntos, pareciam estar escrevendo um U. Para distinguir os dois casos, o segundo I da seqüência passou a ser grafado com uma pequena curva virada para a esquerda, originando-se assim a letra J. O pingo do I começou a aparecer no século XIV, tornando essa letra mais fácil de ser reconhecida na escrita gótica. Foi Louis Meigret quem colocou no alfabeto francês o J como letra independente, em 1542. A escrita em letras minúsculas passou a ter a barra vertical do T aumentada, cortando a barra horizontal, em 1467.

O alfabeto inglês antigo tinha duas letras novas, o *thorn* ð e o *wynn* þ. A letra *wynn* veio do alfabeto rúnico, também derivado do romano, e apareceu pela primeira vez num documento do ano de 811. A letra Ċ representava o som inicial da palavra *child*, escrita cild. A letra S passou a ter duas formas gráficas: *f* e S, e as duas formas amalgamadas aparecem na escrita alemã *fracture* como ß. A letra Ç surgiu na península Ibérica, quando as línguas neolatinas começavam a ser escritas, para representar o mesmo som grafado pelos antigos ingleses com as letras *thorn* e *wynn*. A forma gráfica mais antiga do Ç era um C com um pequeno z subscrito.

Algumas línguas procuraram modificar a forma gráfica básica de certas letras para obter novos caracteres e assim representar sons que não tinham letras próprias no alfabeto romano. O tcheco, por exemplo, incluiu letras como Ć Ć; o rumeno, Ț; o norueguês, Æ Ø; o sueco, Å Ä; o espanhol, Ñ etc. O uso dos acentos para diferenciar qualidades vocálicas diferentes em português vem da influência árabe e já aparece no português arcaico. Convém lembrar também que os alfabetos de algumas línguas deixaram de lado certas letras do alfabeto romano. O italiano não possui as letras J, K, W, X e Y. O iorubá não tem as

letras C, Q, V e Z.

Finalmente, as letras do alfabeto romano foram assumindo estilos diferentes, com a produção de livros manuscritos e, sobretudo, depois do surgimento das tipografias (1456). A forma gráfica das letras foi se modificando criando-se, assim, novos alfabetos. A escrita monumental romana deu origem às letras de forma maiúsculas e a escrita carolíngia deu origem às letras de forma minúsculas, no século IX. No século XII, surgiram as

letras góticas (ou pretas) e as escritas cursivas caligráficas.

Folheando, hoje, uma página de jornal ou de revista, constatamos uma infinidade de alfabetos. Mas o princípio alfabético permanece constante: a ortografia define o valor funcional das letras, mesmo quando o aspecto gráfico vai gerando novos alfabetos que, por serem usados para transcrever uma mesma língua e valerem como substitutos do alfabeto romano primitivo (letras de forma maiúsculas), são, para nós, simples variantes de um mesmo alfabeto. Na verdade, no mundo de escrita em que vivemos, lidamos com inúmeros alfabetos, além de contarmos, ainda, com caracteres não alfabéticos, como os pictogramas modernos, a escrita ideográfica dos números, das abreviaturas, siglas, logotipos e inúmeras marcas e sinais que completam o nosso sistema de escrita. O alfabeto, hoje, é apenas uma parte do sistema de escrita que usamos, mas as letras ainda são a parte mais importante desse sistema.

**Atenção:** No número 101, *Ciência Hoje* publicará, do mesmo autor, o artigo *O Estilo das Letras*.



## Sugestões para leitura

- ABERCROMBIE, D. "Extending the Roman Alphabet: Some Orthographic Experiments of the Past Four Centuries", in ASHER R.E.; HENDERSON J.A. (eds.), *Towards a History of Phonetics*. Edinburgh: Edinburgh University Press, pp. 207-224, 1981.
- CAGLIARI, L.C. "A Ortografia na Escola e na Vida", in *Isto se Aprende com o Ciclo Básico* - Projeto Ipê, Curso II. São Paulo: CENP-SE-SP, pp. 97-108, 1986.
- "A Escrita", in *Alfabetização e Linguística*. São Paulo: Editora Scipione, pp. 94-146, 1989.
- DIRINGER, D. *A Escrita*, Lisboa: Editorial Verbo, 1968.
- DOBLHOFER, E. *A Maravilhosa História das Línguas - Decifração dos símbolos e das línguas extintas*, São Paulo: Ibrasa - Instituição Brasileira de Difusão Cultural S.A., 1962.
- GELB, I.J. *A Study of Writing*. Chicago: The University of Chicago Press, revised edition, 1963.
- WHALLEY, J.I. *The Art of Calligraphy - Western Europe & America*, London: Bloomsbury Books, 1980.
- ENCICLOPÉDIA MIRADOR - Verbete 'Escrita'.

EDIÇÃO DE TEXTO Maria Ignez Duque-Estrada.



Luiz Carlos Cagliari é mestre em Linguística pela Universidade de Campinas (Unicamp) e

doutor em Fonética pela Universidade de Edimburgo, Escócia. Em 1982, obteve o título de Livre Docente em Fonética e Fonologia e, em 1990, o de Professor Titular de Fonética e Fonologia, ambos pela Unicamp. Tendo desenvolvido pesquisas na School of Oriental and African Studies, Universidade de Londres, e no Museu Britânico, atualmente trabalha no Departamento de Linguística da Unicamp. Autor de vários artigos sobre aspectos da fonética no português brasileiro, tem dois livros publicados no Brasil sobre o tema da alfabetização.

# Como os seres vivos produzem gases de enxofre

**William Zamboni de Mello**

Instituto de Química,  
Universidade Federal Fluminense.



O enxofre é um elemento químico conhecido desde a antiguidade. É citado em versículos da Bíblia, representando o fogo, causador de morte e destruição, aplicado como forma de punição aos que desafiavam Deus. Os alquimistas achavam que todos os metais derivavam do enxofre e do mercúrio, e que estes, por sua vez, eram originários da combinação dos quatro elementos primordiais: fogo, ar, água e terra. Embora as propriedades do enxofre e do mercúrio fossem pouco conhecidas, eles representavam, respectivamente, a combustão e a fusão.

Na superfície da Terra, o enxofre – cujo símbolo químico é S, inicial do seu nome latino, Sulphurium – aparece sob

muitas formas. Como substância pura, possui coloração amarelo-claro, é insípido, inodoro, insolúvel em água e funde a aproximadamente 116° C. É encontrado sobretudo em depósitos sedimentares e vulcões. Combinado a elementos metálicos, aparece na forma de minerais, como pirita, calcopirita, galena, esfarelita, cinabre, celestita, anidrita e barita. Nos seres vivos, é um dos elementos presentes dos aminoácidos metionina e cisteína, que por sua vez dão origem a outros constituintes orgânicos, portadores de enxofre e essenciais às células vivas. Alguns organismos vivos podem produzir substâncias voláteis que contêm enxofre em sua estrutura molecular. Liberado na atmosfera, esse enxofre participa de processos



físico-químicos, como a formação de núcleos de condensação de nuvens e acidificação natural da chuva.

A teoria de Gaia, formulada na década de 60 pelo cientista inglês James E. Lovelock e pela microbióloga americana Lynn Margulis, dá ao enxofre um papel importante. Segundo eles, a superfície da Terra funciona como um sistema regulado pela atividade biológica, capaz de controlar a composição química da atmosfera e o clima, de forma a favorecer a preservação da vida no planeta. Dentro desse princípio, segundo os cientistas Robert J. Charlson, Meinrat O. Andreae, Stephen G. Warren e o próprio Lovelock, em artigo publicado na revista *Nature* (1987, vol. 326, p. 655-

661), o controle da produção do sulfeto de dimetila (DMS), um gás de enxofre proveniente das macroalgas e algas planctônicas marinhas, seria um dos mecanismos capazes de controlar o temível 'efeito estufa'. Isso porque, na atmosfera, o DMS dá origem a aerossóis de sulfato, que atuam como núcleos de condensação essenciais à formação de nuvens. Assim, a elevação da temperatura na superfície terrestre provocada pelo efeito estufa induziria a um aumento da produção de algas e, conseqüentemente, a um aumento na produção de DMS. Desta forma, mais nuvens se formariam, aumentando a reflexão dos raios solares e levando a temperatura a seu estado normal.

O conhecimento dos processos naturais que formam os gases reduzidos de enxofre (GRES) é essencial para a avaliação do impacto crescente causado ao meio ambiente pelas emissões de dióxido de enxofre decorrentes da queima de combustíveis fósseis (derivados de petróleo e carvão mineral). Os resultados dessas alterações provocadas por indústrias, veículos automotores e rejeitos urbanos vão da poluição do ar até a chuva ácida.

O ciclo biogeoquímico do enxofre começa em ecossistemas marinhos e terrestres, nos quais organismos vivos produzem gases reduzidos de enxofre. São substâncias químicas que apresentam alta pressão de vapor e contêm em sua molécula um ou mais átomos de enxofre, com número de oxidação -2. Alguns são produzidos pela natureza através da atividade biológica de organismos vivos (como bactérias e vegetais), entre eles o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), o sulfeto de dimetila ( $CH_3SCH_3$ ), o metanotiol ( $CH_3SH$ ), o dissulfeto de dimetila ( $CH_3SSCH_3$ ), o dissulfeto de carbono ( $CS_2$ ) e o sulfeto de carbonila ( $OCS$ ). Esses gases são lançados à atmosfera, onde se oxidam quimicamente a dióxido de enxofre que, por sua vez, dá origem aos aerossóis contendo ácido sulfúrico. A chuva traz consigo o enxofre de volta à superfície da Terra.

O olfato humano é muito sensível aos GRES, mesmo em concentrações baixas, por seu mau cheiro característico. O limiar de detecção humana ao odor do sulfeto de hidrogênio é da ordem de 470 pptv. No caso do sulfeto de dimetila e do metanotiol, fica em torno de 1 ppbv (pptv e ppbv = 'parte por trilhão' e 'parte por bilhão' em volume, unidades de concentração que indicam um fator de diluição desses gases no ar de  $10^{-12}$  e de  $10^{-9}$ , respectivamente).

Em determinadas ocasiões, o odor desagradável do sulfeto de hidrogênio pode ser sentido nas proximidades das águas estagnadas ou de pouca circulação, como manguezais e bancos de gramíneas marinhas, comuns no fundo das baías e ao longo de estuários. O odor tênue do sulfeto de dimetila (conhecido na literatura científica por sua forma abreviada, DMS, do inglês *dimethyl sulfide*) pode emanar das praias, quando há ondas for-

tes e sobretudo quando as condições meteorológicas prejudicam a dispersão do gás na camada inferior da atmosfera.

O sulfeto de dimetila e o sulfeto de hidrogênio são os principais GRES emitidos para a atmosfera por fontes biogênicas (produzidos pela atividade de organismos vivos), tanto marinhas como continentais. Em alguns ambientes, o metanotiol pode apresentar concentrações tão altas quanto o sulfeto de dimetila e o sulfeto de hidrogênio, porém suas emissões para a atmosfera são mais baixas. Os demais GRES são menos importantes do ponto de vista da produção em ambientes naturais e da emissão para a atmosfera (ver 'Determinação das emissões oceânicas').



O íon sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) é a forma mais estável do enxofre em todos os sistemas hídricos terrestres (mar, rios, lagos e chuva), sempre que haja presença de oxigênio. O íon sulfato pode ser assimilado por vegetais, algas e bactérias e utilizado para a síntese de aminoácidos que possuem o átomo de enxofre na estrutura molecular, como a cisteína ( $HSCH_2CHNH_2COOH$ ) e a metionina ( $CH_3SCH_2CH_2CHNH_2COOH$ ). Combinados a uma série de outros aminoácidos não-portadores de enxofre em sua estrutura molecular, esses aminoácidos constituem as proteínas.

Algumas bactérias, como as do gênero *Desulfovibrio* e *Desulfotomaculum*, utilizam o íon sulfato como receptor de elétrons para o metabolismo da matéria orgânica (mecanismo degradativo para obtenção de energia). Contudo, essa utilização só ocorre em condições anóxicas, isto é, na total ausência de oxigênio. A função 'receptor de elétrons' corresponde a uma redução química. Desse modo, tais bactérias reduzem o enxofre do seu

estado de oxidação mais elevado (+6), quando na forma de íon sulfato, ao estado mais baixo (-2), como sulfeto de hidrogênio. Por isso, elas são conhecidas como bactérias redutoras de sulfato. Esse processo ocorre nos sistemas aquáticos marinhos e continentais, desde que exista matéria orgânica a ser consumida como fonte de energia para o desenvolvimento das bactérias, presença de íon sulfato e ausência de oxigênio.

O sulfeto de hidrogênio é produzido também através da fermentação, durante a decomposição da matéria orgânica nos ambientes anóxicos. Nos ambientes naturais, porém, a quantidade de sulfeto de hidrogênio produzido dessa forma é insignificante, quando comparada àquela que resulta da atividade das bactérias redutoras de sulfato.

Uma vez formado, o sulfeto de hidrogênio pode reagir quimicamente, em meio aquoso, com o íon ferroso ( $Fe^{2+}$ ), produzindo um composto amorfo, de coloração negra, o sulfeto ferroso ( $FeS$ ). Este pode evoluir até a formação da pirita ( $FeS_2$ ), com a incorporação de mais um átomo de enxofre. Se a quantidade de íon ferroso disponível no ambiente for insuficiente para remover todo o sulfeto de hidrogênio, ele pode se deslocar da camada inferior (anóxica) para uma camada superior (ao longo de uma coluna de água ou sedimento), onde o oxigênio pode estar presente. Esta mobilidade do sulfeto de hidrogênio pode ocorrer por difusão, convecção (causada pela diferença de densidade da água diante de mudanças de temperatura) ou bioturvação, resultante da ação de organismos vivos, como moluscos e crustáceos.

Na camada óxica (onde o oxigênio está presente), o sulfeto de hidrogênio é convertido a íon sulfato (oxidação) por diferentes grupos de bactérias. Algumas, como as do gênero *Thiobacillus* e *Beggiatoa*, captam energia do próprio processo de oxidação do sulfeto de hidrogênio. Já as bactérias fototróficas (*Oscillatoria* e *Chromatium*) utilizam o sulfeto de hidrogênio como doador de elétrons e hidrogênio, no processo conhecido como fotossíntese. Neste caso, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e energia solar são utilizados

## Determinação das emissões oceânicas

O sulfeto de dimetila (DMS) é o gás reduzido de enxofre (GRE) predominante na água do mar. É também o mais emitido para a atmosfera. Sua emissão a partir dos oceanos é calculada de modo indireto, por modelos matemáticos. O mais usado é o modelo do filme superficial (camada laminar que faz o contato da superfície do mar com a atmosfera), no qual a equação que determina o fluxo ( $F$ ) do sulfeto de dimetila dos oceanos, em sua forma mais simplificada, é  $F = K_L C_L$ , onde  $K_L$  é uma constante de proporcionalidade característica do líquido e possui unidade de velocidade (distância/tempo);  $C_L$  é a concentração (massa/volume) do sulfeto de dimetila dissolvido na água do mar.

Essa equação, tal como apresentada, aplica-se somente ao cálculo do fluxo do

sulfeto de dimetila, cuja concentração na atmosfera é muitas vezes menor do que a resultante do equilíbrio com a sua concentração na água do mar. Para outros gases, é preciso considerar também a concentração na atmosfera, pouco acima da superfície do mar, e a constante da Lei de Henry, que relaciona a concentração nos dois meios (líquido e gasoso), numa condição de equilíbrio.

A constante de proporcionalidade  $K_L$  depende de uma série de parâmetros físicos. Os principais são o coeficiente de difusão do sulfeto de dimetila através do filme superficial e a velocidade do vento. A espessura desse filme pode variar de 10 a 100  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ ). Para o cálculo do fluxo, assume-se que a concentração do sulfeto de dimetila no filme superficial é idêntica à que ele apresenta pouco abaixo da superfície. O filme superficial e a água do mar têm constituições químicas diferentes, principalmente no que diz respeito às substâncias que não se misturam com a água, como lipídios e óleos.

Para que a emissão do sulfeto de dimetila nos oceanos possa ser estimada, deve-se realizar uma série de determinações da concentração do sulfeto de dimetila dissolvido na água do mar, que sejam representativas da região estudada. A qualidade da análise química para determinação da concentração depende, entre outros fatores, da rapidez com que é efetuada. Por isso as análises devem ser realizadas em

equipamentos instalados a bordo de um navio de pesquisas oceanográficas. Esse procedimento reduz a possibilidade de alteração da concentração real do sulfeto de dimetila, uma vez que sua produção e consumo estão à mercê de uma série de processos biológicos, ainda ativos na amostra de água coletada do mar para análise.



**Figura 1. Os oceanos são as principais fontes do sulfeto de dimetila, que é produzido por algumas espécies de fitoplâncton. Os ventos desempenham papel fundamental na emissão desse gás da superfície dos oceanos para a atmosfera.**

sulfeto de dimetila é analisado num cromatógrafo a gás com detector fotométrico de chama (*Flame Photometric Detector*, FPD).

Após uma série de determinações da concentração do sulfeto em diferentes pontos da região, o fluxo pode ser calculado através do produto da média das concentrações pela constante de proporcionalidade  $K_L$ . O valor de  $K_L$  adotado para o cálculo da emissão do sulfeto de dimetila é em geral o mesmo do gás radônio ( $\text{Rn}^{222}$ ). Este se forma a partir do decaimento radioativo do elemento rádio ( $\text{Ra}^{226}$ ), dissolvido na superfície de águas oceânicas, e escapa para a atmosfera.

Há, entretanto, uma série de fatores ainda pouco considerados nos cálculos de emissão e que, no futuro, poderão modificar os resultados obtidos nas estimativas atuais. Por exemplo: quando há ventos fortes, formam-se ondas que promovem a injeção de ar na superfície do mar, levando à formação de bolhas que tendem a intensificar o processo de transferência do gás dissolvido na água para a atmosfera (figura 1). Importante também é a constituição química e física do filme superficial. O conhecimento mais completo dessas características ainda depende do desenvolvimento de técnicas adequadas para separação dessa camada, de espessura micrométrica, do restante da água do mar.

No laboratório do navio, as amostras são transferidas do recipiente de coleta para um borbulhador de vidro. O sulfeto de dimetila é extraído da água por borbulhamento com um gás inerte (normalmente hélio) e de alto grau de pureza. Em seguida é recolhido, por condensação, num tubo imerso em argônio líquido, à temperatura de  $-186^\circ \text{ C}$ . Terminada a extração, o tubo é imerso em água morna e o

pelas bactérias para a síntese de carboidratos.

A formação de sulfato ferroso (e de pirita) e a oxidação a íon sulfato – ou outras espécies intermediárias, como o enxofre elementar (S) e o tiosulfato ( $S_2O_3^{2-}$ ) – são os principais obstáculos ao transporte do sulfeto de hidrogênio dos ambientes nos quais é produzido para a atmosfera. Entretanto, no caso de sistemas aquáticos como lagos e lagoas, o escape do sulfeto de hidrogênio pode ocorrer sempre que houver deslocamento de água das camadas inferiores para a superfície. Isso acontece quando há uma súbita mudança das condições meteorológicas, como queda de temperatura (a água tem sua densidade máxima a 4°C) e aumento da velocidade dos ventos. Esse fenômeno é observado nos lagos de inundação da floresta amazônica (igapós), quando atingidos por frentes frias. Então o odor do sulfeto de hidrogênio se torna facilmente perceptível.

Nos ambientes costeiros sujeitos à influência das marés, o sulfeto de hidro-

gênio é produzido em grandes quantidades nas camadas pouco abaixo da interface sedimento-atmosfera, em decorrência da elevada disponibilidade de íon sulfato e de condições anóxicas propícias ao desenvolvimento das bactérias redutoras de sulfato. Nas zonas de fluxo e refluxo das marés, a forte emissão de sulfeto de hidrogênio ocorre num pulso rápido, isto é, minutos antes da cobertura do sedimento pela água do mar. O pulso de emissão do sulfeto de hidrogênio se deve à pressão exercida pela água do mar sobre o gás acumulado sob a superfície do sedimento. Nessas ocasiões, a emissão de sulfeto de hidrogênio pode se tornar, em poucos minutos, até 10 mil vezes superior ao fluxo normal, em torno de  $1 \mu\text{g H}_2\text{S}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ , sendo  $\mu\text{g} = 10^{-6}\text{g}$ . Isso explica a grande variabilidade das emissões de sulfeto de hidrogênio observada nas regiões costeiras dominadas pela gramínea *Spartina alterniflora*, que vai de 1 a 10.000  $\mu\text{g H}_2\text{S}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ . A gramínea, contudo, não produz o sulfeto de hidrogênio. Numa apreciação global, os

ambientes costeiros emitem cerca de  $1 \text{ a } 2 \times 10^6 \text{ t H}_2\text{S}/\text{ano}$ .



## Produção e emissão de sulfeto de dimetila nos oceanos

Nos ambientes marinhos, o sulfeto de dimetila provém da degradação do propanoato de 3-dimetil-sulfônio [( $\text{CH}_3$ )<sub>2</sub>S<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COO<sup>-</sup>]. A hidrólise enzimática do propanoato de 3-dimetil-sulfônio (DMSP) leva à formação do sulfeto de dimetila e do ácido propenóico ( $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ ). O DMSP é encontrado em concentrações elevadas em várias espécies de macroalgas marinhas (*Ulva*



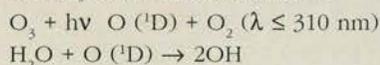
## O DMS nos processos atmosféricos

O sulfeto de dimetila (DMS) é o principal gás reduzido de enxofre (GRE) emanado de ambientes naturais para a atmosfera. Na troposfera (camada inferior da atmosfera, que se estende da superfície até a altitude de 8 a 17 km, dependendo da latitude e da estação do ano), o sulfeto de dimetila pode reagir rapidamente com alguns gases originados de processos fotoquímicos (reações químicas ativadas pela absorção de radiação eletromagnética). A concentração do sulfeto de dimetila na atmosfera é resultado da combinação de três processos principais: intensidade das emissões, concentração dos oxidantes fotoquímicos e velocidade das reações entre ele e os oxidantes (figura 2).

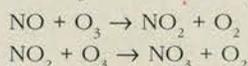
Os dois principais gases responsáveis pela oxidação do sulfeto de dimetila são os radicais livres hidroxila (OH) e nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Durante o dia, o radical livre OH, que se forma a partir da reação entre o oxigênio atômico (resultante da fotólise do  $\text{O}_3$ ) e o vapor d'água na troposfera, é o principal oxidante do sulfeto de dimetila. Durante a noite, ou numa atmosfera com alto nível de poluição, o radical  $\text{NO}_3$ , resultante da reação entre o dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) e o  $\text{O}_3$ , passa a ser o principal responsável pela destruição do sulfeto de dimetila. O radical OH reage mais depressa com o sulfeto do que o radical  $\text{NO}_3$ , porém o primeiro desaparece na atmosfera noturna, devido à ausência da radiação

solar, fator limitante da sua produção. Por sua vez, as concentrações do radical  $\text{NO}_3$  na atmosfera diurna são bem menores do que durante a noite, devido à sua destruição por fotólise.

Formação do radical hidroxila:



Formação do radical nitrato:



A reação do sulfeto de dimetila com os radicais livres OH e  $\text{NO}_3$  leva à formação, em ambos os casos, de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e ácido metanossulfônico ( $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{OH}$ ). São reações de grande complexidade, cujos mecanismos ainda não são bem conhecidos. O  $\text{SO}_2$  é um gás bastante solúvel em água, por isso se dissolve rapidamente nas gotículas de água que compõem as nuvens, formando, por hidrólise (reação com a água), o ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ). Este, por sua vez, reage com o  $\text{O}_3$  e com o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), também presentes nas gotículas de nuvens e na água da chuva, dando origem ao ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ):

*lactuca*, *Polysiphonia lanosa* etc.) e algas planctônicas (*Hymenomonas carterae*, *Phaeocystis pouchetti* etc.). Nas macroalgas marinhas, o DMSP se forma a partir da metionina e sua função é análoga à do propanoato de 3-trimetilamônio [(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COO<sup>-</sup>]. Ambos têm a propriedade de controlar a pressão osmótica interna das células de algas que se desenvolvem em ambientes sujeitos a flutuações de salinidade, como estuários. Como o enxofre é mais abundante que o nitrogênio nos ambientes marinhos, o DMSP é o composto mais produzido pelas macroalgas marinhas. Nas algas, a produção do sulfeto de dimetila a partir do DMSP ocorre de forma contínua e lenta, porém tende a aumentar quando o organismo se expõe a mudanças de salinidade ou em contato com a atmosfera. As algas podem também excretar o DMSP para a água do mar, que por sua vez se decompõe a sulfeto de dimetila pela ação das bactérias.

Nas águas oceânicas, o sulfeto de

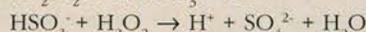
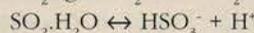
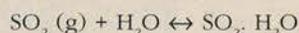
dimetila é o GRE predominante. Sua distribuição vertical tem em geral as mesmas características em todos os oceanos. Isto é, o sulfeto de dimetila apresenta uma concentração máxima a uma profundidade em torno dos 50 m, que diminui abruptamente nos limites inferiores da zona eufótica (onde a luz solar penetra, ou seja, até cerca de 100 m de profundidade em águas claras, permitindo o crescimento de algas planctônicas).

A distribuição espacial das concentrações de sulfeto de dimetila em águas oceânicas é muito variável, dependendo sobretudo das espécies de algas planctônicas (também chamadas fitoplâncton), e não de sua abundância. Já se observou que algumas regiões oligotróficas (pobres em nutrientes) apresentam alto teor de sulfeto de dimetila, ao passo que em outras, com águas mais ricas em nutrientes, as concentrações são mais baixas. A hipótese mais provável para explicar essa relação é que espécies de fitoplâncton das regiões oceânicas mais

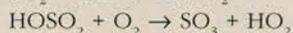
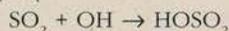
ricas, onde o teor de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) é elevado, têm menos DMSP do que aquelas que se desenvolvem em condições de escassez de nitrato. Nesse caso, as espécies que encontram maior disponibilidade de nitrato tenderiam a sintetizar reguladores osmóticos à base de nitrogênio, como o propanoato de 3-trimetilamônio.

O DMSP também é encontrado dissolvido na água do mar, como resultado da ruptura das células de fitoplânctons mortas por senescência ou após ingestão pelo zooplâncton (comunidades de pequenos animais que se alimentam do fitoplâncton). Com a morte do fitoplâncton, o DMSP dissolvido pode ser consumido por bactérias, que produzem o sulfeto de dimetila.

A remoção do sulfeto de dimetila da água do mar se dá através da combinação de uma série de processos biológicos, químicos e físicos, como o consumo por bactérias, fotooxidação, difusão para camadas mais profundas e escape para a



Uma pequena parte do SO<sub>2</sub> formado da fotooxidação do sulfeto de dimetila pode também reagir com radicais OH em fase gasosa, produzindo o radical livre hidrogenossulfito (HOSO<sub>2</sub>), que por sua vez reage com o O<sub>2</sub> para formar o trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>), que se combina facilmente com a água para formar o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:



A formação do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a partir da fotooxidação do sulfeto de dimetila é um processo de grande significância na produção dos aerossóis marinhos de diâmetro inferior a 1 μm. Nas regiões oceânicas, distantes de outras fontes de SO<sub>2</sub> (vulcanismo ou poluição), estes aerossóis atuam como núcleos de condensação de nuvens (*cloud condensation nuclei*, CCN). Desta forma, o sulfeto de dimetila contribui também para a acidificação natural da água da chuva (ver 'Acidez na chuva', em *Ciência Hoje*, nº 34).

atmosfera. A interação entre os processos formadores e consumidores do sulfeto de dimetila faz com que sua concentração na água do mar fique, normalmente, entre 100 e 300 ng DMS/l (1 ng =  $10^{-9}$  g). As emissões de sulfeto de dimetila da água do mar estão entre 1 e 15  $\mu\text{g DMS}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ , dependendo principalmente da região e da estação do ano. As regiões de ressurgência (corrente ascensional que traz nutrientes das camadas mais profundas para a superfície) são as que apresentam maiores emissões e o verão é a estação em que elas atingem o nível mais alto. Estimativas da emissão global do sulfeto de dimetila indicam que os oceanos contribuem com cerca de  $30 \times 10^6$  t DMS/ano.



**Figura 3.** O sulfeto de dimetila é produzido e emitido pela gramínea *Spartina alterniflora*, que cresce no limite de alcance da maré alta.



Nos ambientes costeiros, a gramínea *Spartina alterniflora* (figura 3), que cresce na zona de maré, produz e emite sulfeto de dimetila para a atmosfera, em fluxos bastante variáveis, que podem ser superiores a  $300 \mu\text{g DMS}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ . Ele provém da degradação do DMSP também presente na gramínea como regulador osmótico.

As emissões de sulfeto de dimetila das zonas de *S. alterniflora* variam no decorrer do dia em ritmo bem definido, com emissões máximas por volta das 15 horas; a partir daí as emissões decrescem, chegando ao mínimo antes do nascer do Sol. O principal fator responsável por essas variações é a temperatura. Há, entretanto, ocasiões em que as emissões apresentam um segundo ponto máximo durante a noite. Isto se deve ao aumento de produção do sulfeto de dimetila em face de uma eventual penetração de água doce,



**Figura 4.** O sulfeto de dimetila é o principal gás reduzido de enxofre emitido das turfeiras de musgos nas regiões de clima temperado e boreal.



**Figura 5.** A briófita (musgo) do gênero *Sphagnum* não produz o sulfeto de dimetila, porém, através de sistemas de transporte de água por capilaridade, facilita o deslocamento do gás das águas intersticiais da turfeira, onde é produzido, para a atmosfera.

## Determinação das emissões continentais

A determinação das emissões dos gases reduzidos de enxofre (GRES) da superfície do solo para a atmosfera é feita através de medições diretas, com câmaras especiais, em geral cilíndricas ou cúbicas, com uma das faces planas aberta. Elas são fixadas na superfície do solo só por ocasião das medições e podem ser adaptadas a flutuadores, para medir emissões sobre pequenos corpos d'água (figura 6).

Para determinar o fluxo dos GRES, sempre foi empregada a técnica da câmara dinâmica, que consiste em fazer circular ar atmosférico filtrado (isento de GRES e de gases oxidantes, como ozônio e dióxido de nitrogênio) ou ar sintético puro (79% de  $N_2$  e 21% de  $O_2$ ), em fluxo constante, logo após a fixação da câmara sobre a superfície do solo.

Após a estabilização das concentrações dos GRES emitidos, uma amostra de ar é coletada do interior da câmara e os GRES são recolhidos num tubo imerso em argônio líquido. A análise é feita por cromatografia de gás. No caso do sulfeto de hidrogênio, utiliza-se em geral outra técnica: ele é recolhido em filtros impregnados com nitrato de prata ( $AgNO_3$ ), recuperado em solução combinada de hidróxido de sódio e cianeto de sódio ( $NaOH/NaCN$ ) e analisado por fluorimetria.

Os fluxos ( $F$ ) dos GRES são calculados individualmente por meio da equação  $F = (C_g \cdot v)/A$ , onde  $C_g$  é a concentração do GRE (massa/volume) no interior da câmara,  $v$  a vazão (volume/tempo) do ar que flui através da câmara e  $A$  a área superficial do solo enclausurado pela câmara.

A principal inconveniência da técnica da câmara dinâmica é que não permite a determinação do fluxo de gases no sentido da atmosfera para o solo. O consumo de um determinado gás da atmosfera pela superfície do solo promove dentro da câmara uma redução da sua concentração, criando uma condição completa-

mente diferente da oferecida pela atmosfera externa. Exemplo típico é o que ocorre com o sulfeto de carbonila, cuja concentração na atmosfera é da ordem de 500 pptv. Ele é consumido na atmosfera pela vegetação e por alguns tipos de solo, embora em outros seja produzido e emitido para a atmosfera.

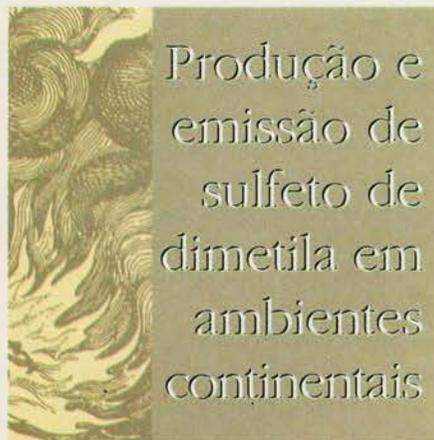
Outra técnica aplicada à determinação da emissão de gases do solo é a da câmara estática. Amplamente empregada na medição do fluxo de gases de carbono e nitrogênio (dióxido de carbono, metano, óxido nítrico e óxido nítrico), só recentemente foi aplicada aos GRES. Consiste em quatro ou cinco determinações consecutivas da concentração do gás no interior da câmara, com intervalos de cinco ou 10 minutos, a contar da fixação da câmara sobre o solo. Nessa técnica é necessário que as concentrações dos GRES sejam determinadas numa amostra de ar ambiente no momento da fixação da câmara. O processo de coleta e análise dos GRES é idêntico ao da câmara dinâmica. Existe, contudo, um detalhe imprescindível na coleta quando se usa a câmara estática: o uso de filtros de fibra de vidro impregnados com carbonato de sódio ( $Na_2CO_3$ ). A função desses filtros é remover oxidantes atmosféricos, tais como ozônio ( $O_3$ ) e dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), que reagem facilmente com os GRES, principalmente com os mais reativos, como sulfeto de dimetila, sulfeto de hidrogênio e metanotiol.

O cálculo dos fluxos de GRES medidos pela câmara estática pode ser mais complexo quando a variação da concentração do gás em função do tempo não fornece um gráfico linear. No caso de uma curva exponencial, é necessário calcular a derivada da concentração do gás ( $C_g$ ) em função do tempo ( $t$ ), em  $t = 0$  (zero). O fluxo ( $F$ ) é então calculado por meio da equação  $F = (V/A) \cdot (dC_g/dt)|_{t=0}$ , onde  $V$  é o volume interno da câmara e  $A$  a área do solo no interior da câmara.



**Figura 6.** Câmaras utilizadas para medição das emissões de gases reduzidos de enxofre do solo. As câmaras podem ser adaptadas com flutuadores, para medições em ambientes aquáticos. Na foto, em Everglades, Flórida, um pequeno jacaré mostra ser excelente guardião do seu habitat.

procedente de áreas mais elevadas, durante o refluxo da maré. Com a diminuição da salinidade, a planta se desfaz de uma parte do DMSP, formando o sulfeto de dimetila. Ainda não se sabe se esse processo é intra ou extracelular. Estima-se que os ambientes costeiros, considerados globalmente, emitam cerca de  $1 \text{ a } 2 \times 10^6 \text{ t DMS/ano}$ , provenientes da *S. alterniflora* e de outras fontes naturais.



## Produção e emissão de sulfeto de dimetila em ambientes continentais

Entre os ecossistemas continentais estudados mais recentemente quanto às emissões de GREs estão as turfeiras de musgos vistas nas figuras 4 e 5. A turfa é um solo orgânico, de coloração que varia do castanho ao preto, constituída de restos vegetais em diferentes graus de decomposição. As espécies vegetais predominantes nesses ambientes são as briófitas, principalmente as do gênero *Sphagnum*, as herbáceas (várias espécies de *Carex*) e as coníferas, como o *black spruce* (*Picea mariana*). Cobrem cerca de 4% das áreas continentais da Terra. Mais de 85% delas encontram-se nas regiões temperadas e boreais do Canadá, da antiga URSS e dos Estados Unidos. As turfeiras de musgos nas quais predomina o *Sphagnum* são conhecidas nos Estados Unidos e Canadá por *Sphagnum peat-lands* (ver 'Musgos e hepáticas', *Ciência Hoje*, nº 91).

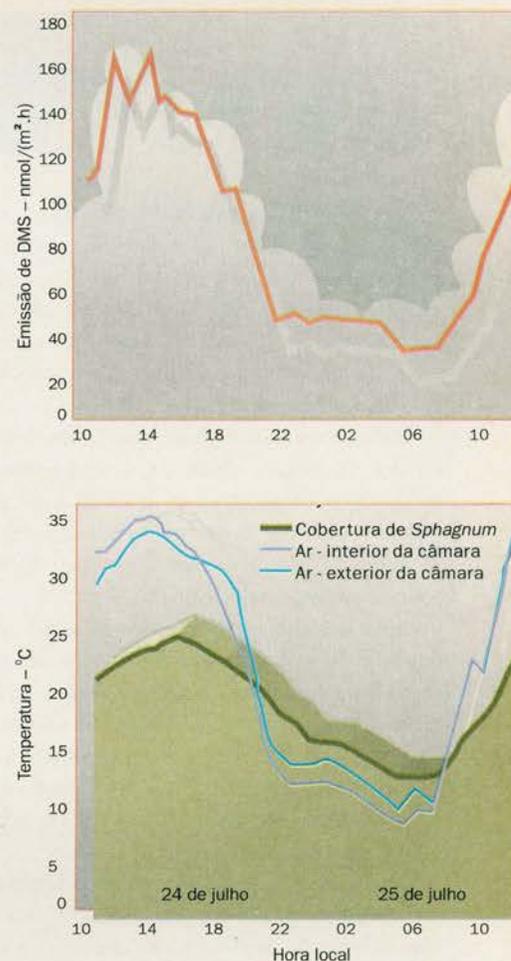
As condições anóxicas das turfeiras de musgos favorecem a redução do íon sulfato pelas bactérias redutoras de sulfato. Esse processo constitui a principal fonte de sulfeto de hidrogênio nesses ambientes, onde o íon sulfato provém das chuvas, das partículas atmosféricas, das águas superficiais e subterrâneas.

Além do sulfeto de hidrogênio, outros GREs, como o sulfeto de dimetila e o metanotiol, são produzidos nas camadas anóxicas, poucos centímetros abaixo da superfície da turfa, mas suas concentrações nesses ambientes são em geral menores. A adição experimental de solução de sulfato de amônio  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  na superfície de uma turfeira de musgos, nos Estados Unidos, e de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) em outra, no Canadá, simulando a entrada do enxofre inorgânico através da chuva, estimulou a produção dos três gases: sulfeto de hidrogênio, metanotiol e sulfeto de dimetila.

O processo de produção do metanotiol e do sulfeto de dimetila nas turfeiras de musgos ainda é desconhecido, mas é possível que se deva à adição, efetuada por bactérias, do grupamento metila ( $-\text{CH}_3$ ) ao sulfeto de hidrogênio (processo conhecido como metilação). As concentrações de sulfetos (sulfeto de hidrogênio e o íon bissulfeto) em águas de turfeiras normalmente ficam entre 0,1 e 1 mg  $\text{H}_2\text{S/l}$ , enquanto as de metanotiol e sulfeto de dimetila estão em geral entre 0,01 e 7  $\mu\text{g CH}_3\text{SH/l}$  e entre 0,01 e 1,5  $\mu\text{g DMS/l}$  (ver 'Determinação das emissões continentais').

Embora o sulfeto de hidrogênio esteja presente em concentrações muito mais elevadas do que o sulfeto de dimetila na superfície anóxica das turfeiras, a emissão deste para a atmosfera é muitas vezes maior. Ele contribui com mais de 90% do total de emissões de GREs, cabendo o restante ao metanotiol e ao sulfeto de hidrogênio. O que indica uma possível oxidação do metanotiol e do sulfeto de hidrogênio a íon sulfato perto da interface turfeira-atmosfera, possivelmente resultado da ação de bactérias aeróbicas, reduzindo-se assim o escape do metanotiol e do sulfeto de hidrogênio para a atmosfera.

Emissões de sulfeto de dimetila em turfeiras de musgos variam de 0,5 a pouco mais de 50  $\mu\text{g DMS}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ , exibindo, entretanto, variações diurnas e sazonais bem acentuadas. No decorrer das 24 horas do dia, as maiores emissões ocorrem no início da tarde, enquanto pouco antes do alvorecer elas são mínimas (figura 7). Em julho, mês mais



**Figura 7. Variação diurna das emissões do sulfeto de dimetila da superfície de uma turfeira de *Sphagnum*.**

quente do verão boreal, ocorrem as emissões mais elevadas. Em novembro elas são inferiores a 0,5  $\mu\text{g DMS}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ . À medida que a latitude aumenta, as emissões de sulfeto de dimetila diminuem. A temperatura parece exercer importante controle sobre elas, mostrando ser, estatisticamente, o principal fator responsável pelas variações diurnas, sazonais e latitudinais. É também um fator determinante no controle das atividades metabólicas dos microrganismos.

O sulfeto de dimetila é o principal GRE emitido dos ambientes terrestres, seguido do sulfeto de hidrogênio. Estudos mais recentes indicam que as emissões globais dos GREs dos ambientes continentais variam entre 0,4 e 0,9  $\times 10^6 \text{ t S/ano}$ .

# TECHNOLOGIA

ESTE SUPLEMENTO É PARTE INTEGRANTE DE CIÊNCIAHOJE NÚMERO 98, VOLUME 17. NÃO PODE SER VENDIDO SEPARADAMENTE.

**CIÊNCIAHOJE**

## Por que não se projetam carros no Brasil?

*Página 2*

## O monopólio estatal do petróleo precisa ser renovado

*Página 10*

## Acesita volta ao aço colorido

*Página 6*

## Tomadas ligadas no sol

*Página 9*

## E o vento gerou... eletricidade

*Página 12*

## O cientista brasileiro vai ao espaço cósmico

*Página 14*

# Por que não se projetam carros no Brasil?

José Ricardo Tautile

Instituto de Economia  
Industrial,  
Universidade Federal do  
Rio de Janeiro.

O QUE A INDÚSTRIA BRASILEIRA AUTOMOBILÍSTICA DEVE FAZER PARA INGRESSAR NO NOVO PARADIGMA DA MICROELETRÔNICA EM QUE O JAPÃO É REI.

**P**roduzir no Brasil. Esta parecia a questão mais importante quando, há poucas décadas, pensava-se numa política industrial para o Brasil norteadada pela substituição de importações. Rapidamente nos tornamos capazes de produzir automóveis e outros veículos e a indústria automobilística, em pouco mais de 20 anos, chegou a ser há 13 anos a oitava do mundo, com a marca de 1,16 milhão de veículos. Isso nos deixava muito orgulhosos. A partir de 1980, porém, o mercado nacional (e particularmente o automobilístico) retraiu-se e estagnou. Nossa indústria viu frustrados os seus planos de expansão e maior integração com a indústria internacional. Enquanto isso as indústrias automobilísticas da Coreia, Espanha e México deslancharam e nos fazem inveja.

A partir de 1990, o início da abertura comercial reduziu significativamente as tarifas de importação de veículos, levando a indústria local a sentir-se ameaçada. E com razão: o excedente de produção potencial de 8 milhões de veículos anuais no recessivo mercado mundial poderia, em parte, ser 'desovado' aqui, inviabilizando a nossa produção. Diante disso, as montadoras locais aceleraram seus planos de renovação praticamente total das linhas de modelos. Ao mesmo tempo, duas reuniões, no princípio de 1992 e de 1993, conseguiram aproximar os principais agentes econômicos sociais e políticos envolvidos com a indústria automobilística. A partir do seu acordo, restabeleceram-se condições mínimas para a recuperação do setor que em 1993, finalmente, ultrapassou sua marca de produção de 1980.

Dois aspectos correlatos desse processo devem ser destacados. Em primeiro lugar, apesar dos lançamentos de novos modelos para o mercado nacional, as montadoras têm, em regra, que importar seus projetos quase totalmente das matrizes. O que se faz aqui, em geral, são eventuais adaptações ('tropicalizações') dos projetos de produto ou ainda, nos casos mais ousados, modificações de estilo e de carroceria em torno do projeto de plataforma (a estrutura básica do carro) recebido de fora, e às vezes já utilizado há anos no mercado interno. Vale dizer, no entanto, que potencial local de criação de projetos existe, como

bem mostram as concepções bem-sucedidas de motores a álcool e algumas outras experiências recentes de fabricantes, como a mistura de modelos e motores de diferentes marcas.

Em segundo lugar, se não há dúvida de que os interesses dos trabalhadores metalúrgicos foram bem representados e defendidos, não se pode dizer o mesmo da 'engenharia nacional'. Esta pareceu submetida aos poderosos interesses das gigantescas multinacionais aqui instaladas. Em ambos os acordos não se fez qualquer menção a um determinado conteúdo de projeto nacional que se almeje alcançar.

A verdade é que, pensando estrategicamente e tendo em vista uma política sustentável que vise uma inserção mais valorizada na divisão internacional do trabalho, apenas produzir não é suficiente, nem satisfatório para a indústria do país. Isso porque, de um lado, a atividade industrial tende, em termos relativos, a empregar diretamente na produção cada vez menos pessoas, em função da evolução natural da produtividade. Esta tem sido vertiginosamente elevada tanto pela adoção das novas tecnologias de automação flexível (TAF) com base na microeletrônica, como também por conta da difusão das novas tecnologias de organização social da produção (TOSP), derivadas da chamada 'produção enxuta'.

Outros fatores sendo mantidos constantes (como a duração da jornada de trabalho), o aumento do volume de emprego só pode ocorrer se o montante da produção crescer mais do que o respectivo aumento de produtividade. Deste modo, só a retomada do crescimento acelerado poderia contrabalançar os efeitos perversos da 'modernização' tecnológica, em termos da geração de emprego industrial.

Por outro lado, as atividades criativas de concepção e projeto, aquelas que realmente comportam tecnologia, são as que tendem a se valorizar, e cada vez mais, no perfil de emprego de uma empresa ou de uma economia contemporânea. Na ausência de um mercado suficientemente vigoroso e dinâmico para suas filiais, justificando a descentralização dessas atividades, as matrizes das grandes corporações passam a concentrar as atividades de pesquisa e desenvolvimento (e, logo, as de projeto

de produto) nos seus centros de decisão internacionais.

Assim é que, se compararmos o perfil de emprego de qualquer das montadoras automobilísticas multinacionais instaladas no Brasil com o de suas matrizes no exterior, veremos que são significativamente diferentes. A diferença deve-se não só à tecnologia usada na produção mas, principalmente, dentro do que nos interessa aqui, ao volume e à densidade de recursos humanos dedicados às atividades de projeto e concepção de novos modelos e processos de produção. Afinal, se não houver motivos muito fortes, por que refazer aqui o que já foi feito lá fora, ainda que menos adequado à realidade ou necessidade brasileiras?

O processo de industrialização brasileira, acelerado desde a década de 50 até a de 80, foi marcado pela transferência de tecnologia, em grande parte incorporada aos bens de capital importados, utilizados nesse período de industrialização. A rigor pode-se dizer mais. Até certo ponto, foi surpreendente a capacidade da nossa força de trabalho de adaptar-se tecnicamente à produção industrial. E também o foi, ou quase, a capacidade que tivemos de projetar um sem-número de máquinas, mecanismos e dispositivos, embora menos sofisticados do que aqueles os importados e menos ainda do que os que já em uso no exterior.

Como esclarecimento ao leitor, cabe lembrar que até a década de 80, a base técnica dominante era a eletromecânica. Em diversos de seus meandros, ela prescindia de uma educação formal para o trabalho, exigindo muito mais destreza manual, experiência prática e capacidade de improvisação diante de situações inesperadas e adversas, algo que tínhamos a oferecer. Por conta disso, pode-se dizer que se desenvolveu no Brasil, e na indústria automobilística em particular, uma capacidade de engenharia de produção e de processo bastante razoável, especialmente no que tange à base técnica eletromecânica. Em contrapartida, os projetos das peças e componentes não produzidos no interior das próprias montadoras eram, em geral, repassados aos fornecedores dentro de uma lógica de grande verticalização da produção. Esse tipo de procedimento, característico das matrizes no exterior, era agravado pelas fragilidades e incertezas típicas da indústria brasileira.

Acontece que, de meados da década de 70 para cá, o paradigma tecnológico começou a mudar aceleradamente. A difusão dos dispositivos e equipamentos de automação com base na microeletrônica expandiram os horizontes de flexibilização da produção material. À noção de economias de escala, passou-se a incluir, agora com a nova base técnica, a noção de economias de escopo. Mudaram também os padrões

de organização social da produção. Em certos casos (como no japonês) essa mudança precedeu a difusão da nova base técnica microeletrônica (creio mesmo, como insistirei adiante, que isso foi decisivo para que a indústria japonesa pudesse extrair, melhor do que ninguém, as potencialidades materiais da nova base técnica). Se essa mudança de padrões não significou um rompimento radical com a tradição taylorista/fordista, no mínimo representou uma modificação profunda das tendências de divisão de trabalho vigentes na produção em massa encontrada nos países ocidentais.

Verificou-se o equívoco da visão inicial, de que a vantagem comparativa (estática) devia-se aos salários supostamente baixos pagos no Japão. De fato, aquela economia e aquela sociedade estavam a estabelecer, pelo menos desde a década de 60, um novo contrato social que institucionalizava, com o aval do Estado japonês (através de seu Ministério da Indústria e do Comércio Exterior – MITI), um novo e extremamente eficiente padrão de relacionamento entre os agentes econômicos e sociais

## Em 1993, as montadoras locais conseguiram, finalmente, ultrapassar a produção de 1980.

do país (tanto entre capitais da mesma cadeia produtiva como entre capital e trabalho).

Estabelecidos os acordos em torno a interesses mínimos comuns, com a garantia de credibilidade quanto aos compromissos de longo prazo, aqueles agentes passavam a auferir os benefícios da sinergia inerentes a 'jogos de soma não zero e positivos', em relação a seus concorrentes especialmente no âmbito da economia internacional. Em outras palavras, 'jogos de soma não zero' significa que, para que um conjunto de agentes ganhasse, não era necessário que o outro perdesse. E sinergia significa fazer com que o todo produzido possa ser maior do que as partes que o compõem. A idéia é que, havendo entendimento, ambas as partes podiam sair ganhando.

O fato é que, tendo tecido esse novo contrato social antes da difusão da nova base técnica, a economia japonesa, seus empresários e seus trabalhadores souberam extrair muito mais do potencial oferecido pelas novas tecnologias do que as economias desenvolvidas ocidentais. Estas já enfrentavam na década de 70 a crise do fordismo e estavam emperradas pelo contrato social a ele inerente. Era um tipo de contrato social que podia ser considerado moderno pelos idos dos anos 30, 40 ou mesmo 50, calcado na extrema divisão e especialização do

trabalho ditada pela separação entre concepção e execução. A recompensa pela atividade de trabalho era desvinculada do processo de produção (frise-se: alienante). O lado 'gratificante' era representado por salários elevados que possibilitassem grande poder de consumo diante da produtividade e da redução de custos atingidas.

Aos olhos do capitalismo contemporâneo, tal contrato social parece 'jurássico' (vide acordos dos grandes sindicatos americanos). As elevadas escalas e as rígidas estruturas da produção padronizada tinham como contrapartida enormes hierarquias funcionais destinadas a viabilizar o controle burocrático de diversos estamentos, divisões e regiões de atuação da grande empresa 'moderna'.

Em meio a um acalorado debate, estou entre os que desconfiam fortemente de que esta concepção 'moderna' de empresa como unidade de acumulação, através da maximização de lucros, seja senão 'jurássica', no mínimo 'faraônica' (até por conta de suas pirâmides hierárquicas), se comparadas às experiências que hoje configuram as fronteiras das economias contemporâneas.

**N**uma época de intensificada concorrência, com mercados cada vez mais globalizados ou regionalizados, o sucesso depende crescentemente da capacidade de uma resposta rápida e eficaz, por parte dos agentes econômicos, a situações adversas. Ou ainda, numa postura mais ativa, de criação de situações adversas para seus concorrentes nesses mercados. Aparentemente, tal sucesso depende da capacidade que esses agentes tiverem de se pôr de acordo, em torno a interesses mínimos comuns ligados ao âmbito de sua atuação.

O palco de enfrentamento da concorrência é deslocado para níveis superiores, conforme o caso, seja ele o mercado local, o nacional ou o regional. O decorrente enxugamento de desperdícios em níveis bastante primários de atuação propicia uma integração mais eficiente e o azeiteamento das diversas esferas que compõem as unidades de acumulação, impregnando-as de um dinamismo sinérgico fundamental ao sucesso no capitalismo contemporâneo. Explico com alguns exemplos.

Produção, projeto, financiamento, *marketing* etc. deixaram de ser esferas ou departamento estanques, bem separados entre si dentro de uma empresa. A anterior estrutura hierárquica da burocracia é subvertida, reduzindo-se os níveis de gerenciamentos e modificando-se os fluxos de tomadas de decisões com procedimentos mais ágeis. Da louca obsessão pela redução de custos no curto prazo passa-se a priorizar mais as estratégias de longo prazo, marcadas pelas parcerias entre os agentes (sejam essas parcerias entre empresas contratantes e fornecedoras, sejam entre empresários e trabalhadores de uma empresa ou de uma cadeia produtiva).

À luz de tal mudança de perspectiva, o trabalho ressurgue, não meramente como um custo a ser minimizado por tecnologias de automação ou de organização da produção, mas como um recurso fundamental à produção, ao projeto e ao sucesso do empreendimento como um todo. Busca-se engajar o trabalho nos objetivos desses empreendimentos, oferecendo-se como

moeda de troca compromissos de longo prazo com credibilidade. Assim é possível tornar efetivas contribuições potencialmente valiosas para o sucesso no capitalismo contemporâneo, que eram desprezadas no paradigma anterior. Da alienação no emprego, passa-se à motivação no trabalho. Da especialização e desqualificação, ditadas pela lógica da separação entre concepção e execução, inseridas no controle burocrático, passa-se à polivalência e à requalificação da atividade fabril. Pela mesma lógica, passa-se da tendência à polarização e ao conflito entre atividades de chão de fábrica e escritórios (e também entre produção e circulação, de maneira geral), a uma integração mais fluida, ágil e eficiente (ainda que eventualmente desverticalizada e terceirizada).

Parece que a tendência anterior à divisão capitalista do trabalho está sendo profundamente modificada, na medida em que se restitui ao trabalhador direto o legítimo direito de interferir no processo de produção para aperfeiçoá-lo, ou ao produto em si. É verdade que um conjunto de decisões estratégicas, inclusive no que diz respeito ao projeto do produto e do processo de produção, ainda se efetua em âmbitos reservados das atividades de escritório, até por conta dos meios teleinformativos (como o CAD/CAM) que ligam, em tempo real, não só a fábrica aos escritórios de projeto, mas também escritórios de projetos situados em diversos lugares do mundo.

Não obstante, um outro conjunto de decisões e atividades claramente caracterizadas como de projeto está sendo crescentemente delegado a trabalhadores localizados diretamente nas linhas de produção (ou eventualmente no próprio chão de fábrica). Conhecendo na prática melhor do que ninguém o real concreto do processo de produção, eles estão potencialmente habilitados a contribuir de modo positivo para um funcionamento mais eficaz e um melhor produto. Nas montadoras automobilísticas japonesas, o número de sugestões com esse fim feitas por empregado por ano chega em média a 61,4, o que dá uma idéia da intensidade com que essa prática é comum naquele país. Enquanto isso, nas fábricas dos EUA e da Europa essa média atinge apenas 0,4 (nas subsidiárias japonesas nos EUA chega-se a 1,4).

**É** em função dessa ordem de questões que emergem novas vantagens comparativas dinâmicas, tornando drasticamente menores do que nas práticas tradicionais da indústria ocidental o tempo e os recursos humanos necessários para projetar por exemplo um novo modelo de automóvel. Um estudo do prof. Kim Clark, da Harvard Business School, citado no livro *A máquina que mudou o mundo* (Womack J., Jones D. e Roos D., Ed. Campus, 1992), revela dados impressionantes. Na década de 80, "um carro japonês totalmente novo exigia, em média, 1,7 milhão de horas de engenharia, consumindo 46 meses do projeto inicial até a entrega aos clientes. Em contraste, o projeto típico norte-americano e europeu de complexidade comparável e mesmo percentual de peças adaptadas e compartilhadas gastava 3 milhões de horas de engenharia e consumia 60 meses" (Womack et alii, 1992, p. 144).

Como se vê, os desafios colocados pelos caminhos que esta

nova era, marcada pela revolução da informação, parece descortinar são os mais variados, e são múltiplas as possibilidades de articulação de soluções para cada caso que só a inteligência social de uma economia poderá de fato delinear.

No caso brasileiro, esses desafios são enormes e de natureza muito variada. Por um lado, trata-se de como utilizar essas novas TAF e TOSP para suprir, ou pelo menos minorar, as enormes carências resultantes da monstruosa dívida social legada pelo modelo milagreiro de industrialização brasileira. No outro extremo, trata-se de como valorizar a posição relativa das filiais das multinacionais instaladas no Brasil no planejamento estratégico de suas matrizes, de modo a serem estimuladas a alocar aqui recursos mais nobres. Em busca de uma pista para o primeiro caso, recorro ao Néelson Rodrigues quando diz que a genialidade está em descobrir soluções óbvias, mas que ninguém vê. Até porque, o 'modelo' de desenvolvimento anterior obliterava qualquer iniciativa das forças produtivas e acumuladoras de capital neste sentido. A saída, parece-me, está antes de mais nada em reorientar a capacidade do poder econômico ativo no país da mera e particularmente selvagem acumulação de capital (em especial na forma financeira) para a acumulação de riqueza social.

É claro que, para isso, esses agentes acumuladores de riqueza precisam mudar sua percepção da realidade e de sua função social. E também é necessária uma postura sólida por parte de um próximo governo da República comprometido com um modelo de desenvolvimento econômico e social que saia da mesmice da velha noção de modernidade. Modernidade é, antes de mais nada, a população poder comer, vestir, morar e ter uma infra-estrutura de serviços sociais (educação, serviços, transportes, saneamento etc.) que funcione e seja eficiente. É afluência e bem-estar para amplas camadas da população.

O problema é que as possibilidades colocadas pelo novo paradigma de produção material virtualmente exigem que se vá além da modernidade, no sentido menos do conflito e mais das soluções de consenso entre os diversos agentes, em torno de interesses mínimos comuns que conformarão os imensos espaços de acumulação de capital e de riqueza social. É essa a postura que poderá mobilizar a construção do Brasil do futuro. É dentro dessa visão que são úteis e devem ser estimuladas não só as câmaras setoriais mas também as câmaras regionais e locais, identificando problemas e equacionando soluções viáveis, que maximizem os benefícios comuns.

Para concluir este ponto, quero insistir que o problema da educação, como todos dizem, da direita à esquerda, é fundamental. Mas precisa ser repensado de um ponto de vista não meramente quantitativo mas também, e fundamentalmente,

qualitativo. Seja porque a nova base técnica exige muito mais educação formal (e simbólica) para sua operação, seja porque os caminhos que aponte acima exigem um aprendizado e uma prática da criatividade, do que uma simples socialização fordista exigia do trabalhador na sociedade.

Quanto ao segundo ponto, que envolve nossas ramificações produtivas com o capital internacional, o estímulo a atividades de projeto somente poderá ocorrer quando houver massa crítica e credibilidade na solidez do novo modelo a ser proposto. Só assim as grandes corporações multinacionais poderão sentir-se atraídas a investirem aqui uma parte de recursos que destinam a pesquisa e desenvolvimento. De um lado, trata-se de haver um mercado interno com dimensões significativas e com perspectivas sólidas de crescimento. E mais, uma sociedade com dinâmica e peculiaridades tão próprias que as faça compreender que não estarão reinventando a roda (ou o pára-choques, ou o volante de direção de um automóvel) e sim encontrando uma via diversa e complementar de seu ingresso na contemporaneidade.



**O sucesso depende da capacidade de os agentes se porem de acordo em torno de interesses mínimos comuns.**

Um último ponto, para concluir. A imigração, no início deste século foi importantíssima para viabilizar materialmente o processo de industrialização a partir dos anos 30. Foram imigrantes que assumiram uma nova pátria, 'pegaram no pesado' e deixaram como legado uma parte da construção do país que temos hoje. Provavelmente um em cada dois leitores tem descendência estrangeira de segunda ou terceira geração. Penso que estamos diante da oportunidade de promover uma nova onda de imigração que seja particularmente eficaz para auxiliar a nova fase de desenvolvimento a que me referi, uma fase em que se valorizará especialmente a atividade criativa. Em um contexto mundial recessivo e de desemprego, e diante do que está ocorrendo no leste europeu, há um desperdício generalizado de força de trabalho capacitada a conceber, a projetar. É hora de pensarmos em utilizar a potencialidade disponível hoje no mundo, promovendo uma 'importação de cérebros' e acolhendo nos novos compatriotas que se disponham a viver no Brasil e a ajudar-nos na difícil missão de reconstruí-lo. Uma aventura, espero, que será emocionante e gratificante como foi a de nossos avós. Pode ser uma volta, mas em direção ao futuro.



Sala de projeções La Geode, Parc de la Villette, em Paris (França).

# Acesita volta ao aço colorido

Siderúrgica promete viabilizar a entrada do produto no mercado brasileiro ainda este ano.

**H**á quase duas décadas, o aço inoxidável colorido reveste fachadas e decora o interior de edifícios, além de ser largamente utilizado na indústria moveleira e na fabricação de utensílios e aquecedores solares em países industrializados, especialmente no Japão. No Brasil, entretanto, é um ilustre desconhecido, apesar de o país dominar a

tecnologia que permite sua obtenção desde 1990, graças à parceria firmada entre a Companhia de Aços Especiais Itabira (Acesita) e o grupo de Metalurgia Física, da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (Cetec), em Belo Horizonte.

“Nossa associação com o Cetec se encerrou com o domínio da tecnologia para colorir amostras de inox”, afirma Léo

Lucas Rugani, do Departamento de Desenvolvimento de Mercado da Acesita, única siderúrgica da América Latina que detém a tecnologia de fabricação de aços planos inoxidáveis e siliciosos. O passo seguinte – a montagem de uma instalação-piloto para o tratamento em escala industrial – foi descartado pela empresa, após sua privatização em ou-

tubro de 1992. “Mas a partir deste ano”, garante Rugani, “o inox a cores deverá ser retomado, tendo em vista o investimento no setor da construção civil”. Ele adianta, no entanto, que a Acesita não se interessa por sua produção, devendo terceirizá-la.

“O aço inoxidável colorido por processos termoquímicos é um material novo e estimu-

lante para *designers* e arquitetos”, garante a química Rosa Junqueira, coordenadora da equipe que obteve as primeiras amostras do produto no Brasil. Além dela e da física Margareth Spangler Andrade, ambas do Cetec, também participaram do projeto os engenheiros metalúrgicos Gustavo Horta e Rogério Marques. Segundo Rosa Junqueira, “as possibilidades de aplicação do inox colorido crescem por ser ele uma excelente alternativa aos aços pintados com tintas e pigmentos”. Além de se deteriorarem em pouco tempo – diz Rosa –, os aços pintados têm uma superfície opaca e não apresentam nem a resistência nem a durabilidade dos aços inoxidáveis coloridos.

No mundo ocidental, o uso do aço inoxidável na construção civil só se intensificou na década de 70. Pela popularidade que adquiriu, destaca-se, na França, a monumental sala de projeção La Geode, no Parc de la Villette, em Paris – uma estrutura geodésica de 36 m de diâmetro, revestida com 6.433 triângulos de aço inox de 1,5 mm de espessura. Na Alemanha Ocidental, o planetário Bochum impressiona. Sua gigantesca estrutura esférica é coberta com longas faixas de aço inox de 0,5 mm de espessura. São episódicos os exemplos anteriores, como a torre do prédio da Chrysler, nos EUA, cujo revestimento em aço inoxidável data de 1930.

No Japão, o uso arquitetural do inox representava, em meados da década de 70, o quinto lugar no consumo do produto. Em 1980, sua participação na construção civil atingiu a maior parcela das vendas internas do aço inoxidável produzido no país. Hoje, o emprego do inox está amplamente difundido e

o inox em cores está cada vez mais presente no dia-a-dia do japonês.

No Brasil, o uso do inox na construção civil é incipiente: menos de 2% da produção nacional, ou cerca de 600 gramas/habitante/ano, consumo considerado inexpressivo para um país que fabrica inox. A falta de conhecimento do produto pelos arquitetos e o reduzido número de fabricantes de painéis para revestimento são apontados como os principais entraves ao seu uso como solução arquitetônica. Na Argentina, que não o produz, o consumo compara-se ao brasileiro. A média mundial é de 3kg/hab./ano.

“Se a moda de revestir prédios com inox pegasse”, constata o metalurgista Gustavo Horta, “certamente teríamos uma ‘pasteurização’ da paisagem urbana, pois, ao contrário das cerâmicas e das pedras, o material não sofre qualquer variação de cor”. É por isso que, segundo Horta, o inox colorido entusiasma tanto os profissionais da construção civil. “E não só eles”, acrescenta, “mas também *designers* e decoradores, para quem a cor é fundamental”.

A coloração obtida na superfície dos aços pelos processos de imersão em soluções oxidantes resulta do crescimento de um filme de óxidos trans-

parentes, provocando uma sensação de cores que se sucedem do cinza ao verde (ver ‘Interferência da luz produz sensação de cor’). Imersas numa solução de ácido crômico e sulfúrico, a 70°C, chapas de inox contendo de 7% a 22% de cromo adquirem os tons cinza, preto, azul, dourado ou verde, dependendo da duração do tratamento e mantendo-se constantes temperatura e concentração.

Mais tarde, essa técnica foi aperfeiçoada a partir de um tratamento eletrolítico de fixação e endurecimento do filme colorido, tornando o produto competitivo com outros tipos de revestimento. Esse proces-

## Interferência da luz produz sensação de cor

O cientista australiano C. E. Naylor, cujos trabalhos realizados nas décadas de 40 e 50 possibilitaram grandes avanços na pesquisa sobre a coloração de aço inoxidável, provou que a sensação de cor produzida na superfície do metal, após sua imersão em soluções oxidantes, se devia a um fenômeno denominado interferência da luz.

A figura mostra esquematicamente a trajetória de um feixe luminoso sobre uma chapa de aço inoxidável colorido.

Uma parte da luz incidente é refletida pela superfície do filme. Outra fração é difratada pelo filme e refletida na interface metal-filme. A distância percorrida pela luz no interior do filme de óxidos pode provocar uma defasagem entre as ondas, ocorrendo interferência máxima quando a distância percorrida é igual a um múltiplo inteiro do comprimento de onda. Desse modo, os vários comprimentos de onda presentes na luz visível sofrem interferência em diferentes

intensidades, possibilitando a predominância de um determinado comprimento de onda no feixe resultante, que será responsável pela sensação de cor. Conseqüentemente, a cor resultante varia não só com a espessura do filme, mas também com o ângulo da luz incidente. Usando técnicas de espectroscopia de refletância, Naylor mediu a espessura óptica dos filmes produzidos em diferentes cores, encontrando um valor máximo de 0,5 micron.

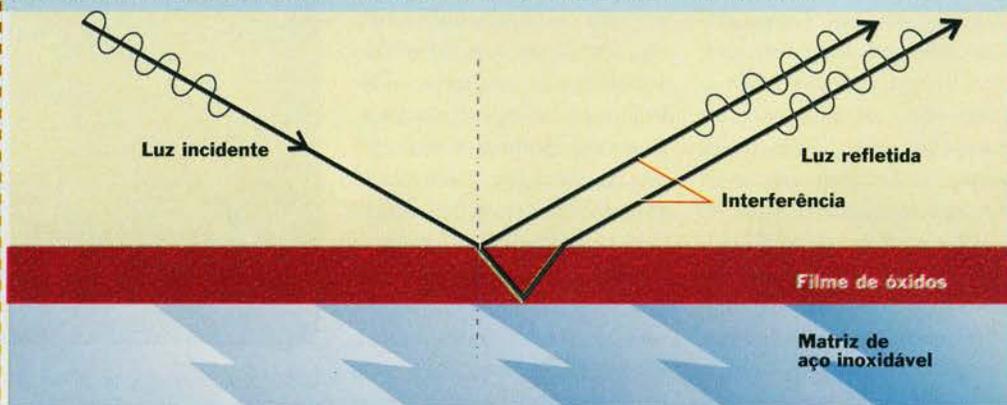
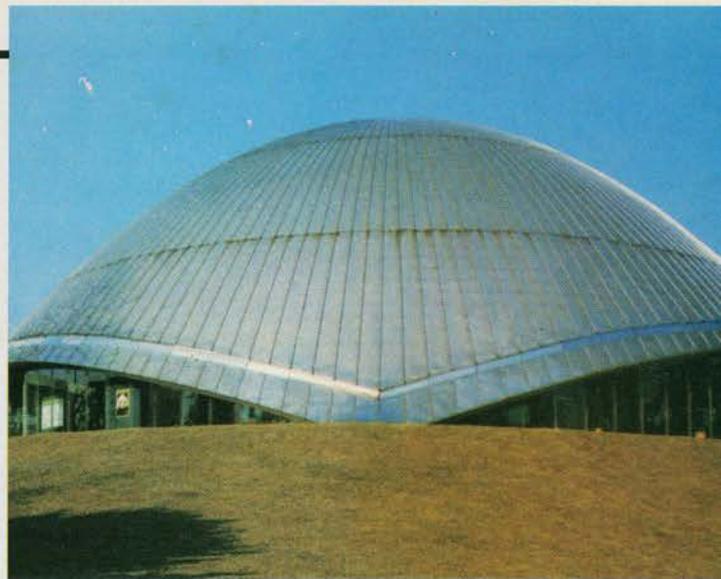


Diagrama esquemático da trajetória de um feixe de luz incidindo sobre uma superfície de aço inoxidável colorido.



Fachadas do Reiuyukai Shakaden, construído em Tóquio, em 1975, utilizando 18,5 mil m<sup>2</sup> de painéis de aço preto para cobertura e revestimento. Esta é a maior aplicação de inox colorido já feita até hoje.



Planetário Bochum, na Alemanha Ocidental.

so – desenvolvido e comercializado na década de 70 pela International Nickel Corporation – é usado hoje em escala comercial pelo Japão, pela Alemanha, pelos EUA, pela França e pela Itália.

Aços coloridos são produzidos também através da aplicação de corrente elétrica alternada em um único banho. Nesse método, a coloração e a fixação do filme são realizadas simultaneamente. A fabricação

é normalmente realizada em escala contínua e o controle da cor é feito por um calorímetro posicionado no fim da linha de produção. Se for detectada alguma diferença entre a cor programada e a produzida, o dispositivo altera as condições operacionais (ver ‘O controle da cor’).

Os aços coloridos são passíveis de conformação mecânica leve sem comprometimento do filme, além de apresentar

excelente resistência à corrosão, ao calor e à radiação ultravioleta. A literatura prevê e os testes realizados no Cetec em câmaras de névoa salina e em soluções de cloreto férrico revelaram que a resistência de aços coloridos à corrosão é superior à do aço inox sem coloração e à do alumínio anodizado. Segundo Rosa Junqueira, os inox coloridos resistem a ensaios em água em ebulição por um período de

500 horas e em ar aquecido a 200°C durante 100 horas, sem sofrer alterações na cor. Conformações mecânicas após a coloração podem ser feitas sem comprometer a aparência do material, e estampagens leves e dobramentos de até 180°C não esfoliam o filme.

Segundo Léo Rugani, “ainda é cedo para se falar de preços do inox colorido”. Embora os custos de colorir o material devam ser agregados ao produto, as expectativas atuais são no sentido de que o aço colorido, como revestimento, seja competitivo com os granitos, cujos preços variam atualmente de US\$ 75 a US\$ 650 o metro quadrado na pedreira, dependendo de sua qualidade, raridade e local de origem. Segundo os técnicos, o metro quadrado do inox colorido dificilmente chegaria a US\$ 650.

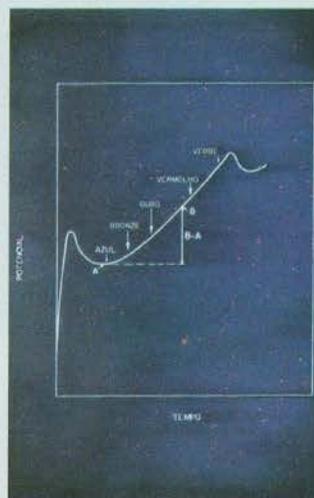
## Controle da cor

A cor desejada é obtida pela diferença de potencial (B-A), como mostra a figura. O ponto ‘A’ indica o ponto de inflexão; o ponto ‘B’, o potencial de coloração. Na produção comercial, nem sempre é fácil definir rigorosamente o ponto de inflexão, pois as flutuações nos valores desse ponto são frequentes e provocam ligeiras alterações na cor.

Para superar essa dificuldade, os pesquisadores trabalham com equações matemáticas que refletem a influência dessas oscilações e, com o auxílio de computadores, obtêm maior precisão na deter-

minação do valor do potencial de inflexão, derivando continuamente o potencial em relação ao tempo.

O uso de calorímetros para garantir a reprodutibilidade das cores tem-se difundido significativamente entre os fabricantes de aços coloridos. Esses equipamentos realizam medidas da cor, fornecendo valores numéricos padronizados (usualmente no sistema definido pela Comissão Internationale de l’Éclairage), que permitem o estabelecimento de estreitos intervalos de aceitação e padrões precisos de controle da cor.



Curva típica potencial-tempo da coloração de uma placa de aço inoxidável.

*Roberto Barros de Carvalho*  
Ciência Hoje/Belo Horizonte.

# Tomadas ligadas no sol

Município do sertão pernambucano usa energia solar para iluminação e bombeamento de água

Os habitantes de Mirandiba, município a 480 km do Recife, estão literalmente 'ligando as tomadas no sol'. Nesse local, funciona o projeto-piloto de implantação do sistema de iluminação e bombeamento de água a partir da energia solar fotovoltaica. Transformar energia do sol em eletricidade pode ser a solução para localidades isoladas, que estão fora dos planos de expansão da Eletrobrás e suas subsidiárias.

O projeto é de um grupo de pesquisadores do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que há 15 anos trabalha com fontes alternativas de energia (*Ciência Hoje*, nº 92, encarte). Em energia solar, o grupo desenvolve duas linhas de pesquisa: a transformação de energia do sol em energia térmica (calor) e em eletricidade.

A implantação da rede de energia solar fotovoltaica de Mirandiba, iniciada em março do ano passado, foi dividida em duas etapas. A primeira, já em

fase de conclusão, prevê a instalação de 12 sistemas de iluminação e um de bombeamento de água doméstico. Na fase seguinte, o número de propriedades beneficiadas será ampliado e o uso da energia elétrica será diversificado, com a instalação de um sistema de refrigeração solar e um de bombeamento de água para irrigação.

A tecnologia solar fotovoltaica é largamente usada em países como o México, onde há cerca de 30 mil instalações. Nas Filipinas e na Polinésia Francesa, também é comum o aproveitamento desse tipo de energia. No Brasil, só o Ceará tem feito incursões nessa área.

No nordeste, só 4% das propriedades rurais são eletrificadas. Em Mirandiba, no sertão pernambucano, a rede elétrica convencional chega só a 2% das cerca de 1.800 propriedades, onde justamente se concentram 61% da população do município.

Segundo Heitor Scalabrini Costa, coordenador-técnico do projeto, o sucesso da experiência em Mirandiba vem



Sitante posa ao lado de um módulo fotovoltaico, onde se vêem as células solares. O sistema fornece eletricidade suficiente para iluminar quatro cômodos. A linha elétrica da Companhia de Eletricidade de Pernambuco passa a dois km do local.

repercutindo em outras localidades e há inclusive interessados na fila de espera. As prefeituras dos municípios pernambucanos de Salgueiro e Moreno devem estender às suas regiões o uso da energia solar fotovoltaica. "Esse sistema pretende ser uma alternativa e não fazer concorrência com as hidrelétricas", destaca Costa.

Para se obter energia elétrica a partir da luz solar, gasta-se pouco. O custo de cada *kit*, incluindo instalação, é US\$1 mil. Ele é formado por um módulo fotovoltaico, com 36 células solares, ligadas em série, que geram uma potência de 40 watts, por uma bateria estacionária, que acumula energia elétrica durante o dia e fornece carga suficiente para acionar três ou quatro luminárias fluorescentes à noite, e por controladores de carga, que servem para proteger a bateria.

As despesas com manu-

tenção também são baixas: além de lâmpadas queimadas, só é preciso trocar a bateria a cada cinco ou oito anos. A produção de energia ocorre no local, dispensando rede de distribuição. Os usuários aprendem a usar e a fazer a manutenção dos equipamentos. Como resultado, tem-se uma fonte de energia renovável, sem ter que se pagar pelo consumo.

A Eletrobrás, através de seu Centro de Pesquisas em Eletrificação (Cepel), financiou parte das instalações em Mirandiba. O suporte técnico é dado pelo Departamento de Energia Nuclear da UFPE, que atende a pedidos de pesquisas, projetos, consultorias e cursos sobre energia solar em todo o país.

Jorge Costa  
Agência Meio/Universidade  
Federal de Pernambuco.



# O monopólio estatal do petróleo precisa ser renovado

IMPOSSÍVEL NÃO  
LEVAR EM CONTA  
AS MUDANÇAS  
HAVIDAS NO PAÍS  
E NO MUNDO

Adilson de Oliveira

Instituto de Economia Industrial,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O debate sobre a forma de organização da indústria brasileira do petróleo no pós-guerra foi intenso e apaixonado. Na época, as multinacionais do petróleo dispunham de vastas reservas no Oriente Médio e mostravam-se pouco inclinadas a investir em bacias sedimentares com baixa potencialidade petrolífera, à luz do conhecimento tecnológico da época.

Por sua vez, o capital nacional não estava preparado para se lançar em atividades com riscos elevados e capital intensivo. Para esse dinheiro, havia outras oportunidades de investimento mais interessantes. Restou ao Estado desenvolver a indústria do petróleo, núcleo estratégico que viabilizou a integração de mercados regionais e o crescimento industrial. O monopólio surgiu como solução racional: garantiu a otimização de recursos escassos e viabilizou ganhos de escala em um mercado incipiente.

Passados quase 40 anos, o debate sobre a forma de organizar a indústria brasileira do petróleo volta à cena política, despertando velhas paixões e mobilizando grupos de interesse. Os velhos inimigos do monopólio batem na tecla da ineficiência estatal, que seria exacerbada pela falta de concorrência. A eles, juntaram-

se os pragmáticos, que apontam a falência financeira do Estado como argumento definitivo para a ruptura do monopólio. Do outro lado, permanecem entrincheirados os defensores do *status quo*, que acenam com o espectro da desnacionalização de um setor estratégico da economia.

A radicalização ideológica impede o debate racional e o pragmatismo opta pela omissão, escorando-se em um aspecto conjuntural (a crise financeira do Estado) para não enfrentar o desafio da renovação do monopólio.

Uma análise desapaixonada indica um saldo histórico largamente positivo para o monopólio: ele permitiu que fosse criada em algumas décadas uma das poucas estruturas técnico-gerenciais existentes no mundo, a Petrobrás, capaz de operar globalmente. Graças à sua proteção, foi possível o espírito pioneiro que nos capacitou tecnologicamente a extrair petróleo em águas profundas, possibilitando a descoberta de vastas reservas em um país considerado parcamente dotado em óleo. O monopólio mostrou-se particularmente importante durante a crise do petróleo, tendo viabilizado a reestruturação do mercado brasileiro de combustíveis e, conseqüentemente, permitido minimizar na economia brasileira os impactos das flutuações e das incertezas do mercado mundial do petróleo.

Na realidade, a indústria brasileira do petróleo já atingiu a maioria. O mercado brasileiro de derivados deixou de ser marginal, representando mais de 2% do mercado mundial. E, importante, deve seguir crescendo, enquanto o mercado dos países desenvolvidos deve permanecer estagnado. Contamos com sólida estrutura técnica e temos identificados campos gigantes de petróleo, que nos permitem visualizar a auto-suficiência petrolífera.

O Brasil, em síntese, é dos poucos países a controlar, simultaneamente, os três elos da cadeia petrolífera: reservas, estrutura técnico-gerencial e mercado. Essa posição privilegiada nos permite olhar o futuro da indústria brasileira do petróleo com otimismo.

Contudo, o mundo vem mudando rapidamente. No plano geopolítico, o desaparecimento da URSS provocou profundo reordenamento de espaços, viabilizando o acesso das empresas multinacionais de petróleo a diversas bacias sedimentares anteriormente protegidas. No plano econômico, a emergência de sociedades pós-industriais reorienta o crescimento econômico para atividades de baixa intensidade energética, minimizando as necessidades de petróleo. O contexto de demanda estagnada e oferta abundante provocou brutal reversão de expectativas: o petróleo já não é mais percebido como recurso natural escasso. A expectativa de preços elevados desfez-se. A maioria dos analistas sugere que o preço do petróleo, na melhor das hipóteses, deve permanecer por algum tempo no patamar atual, entre US\$ 14 e US\$ 16 por barril.

Em longo prazo, acredita-se que o núcleo dinâmico do desenvolvimento da segunda revolução industrial (petróleo-petroquímica-automotriz) será substituído por novo tripé constituído pela biotecnologia, pelos novos materiais e pela informática. No caso, o petróleo paulatinamente deveria perder importância, do ponto de vista econômico.

Também no plano nacional estão em curso mudanças consideráveis. Os movimentos de descentralização e de abertura da economia colocam o monopólio diante do desafio de se reorganizar para atender aos novos condicionantes políticos e à nova estrutura de mercado que estão emergindo. Mas essa reorganização não pode colocar em risco o acervo técnico-gerencial construído nem contrariar regras básicas de funcionamento da indústria do petróleo, que repetidamente ensinou através da história não ser a livre concorrência mecanismo eficiente para operar no mercado do óleo. A reforma deve respeitar nossa história e ser conduzida por etapas.

A Petrobrás é monopólio de fato antes de ser monopólio de juri. Mesmo que o monopólio viesse a ser retirado da Constituição, permaneceriam em mãos da Petrobrás o acervo de conhecimento técnico e geológico existente no Brasil, as jazidas conhecidas, as instalações de produção, os terminais, os oleodutos e o parque de refino. As barreiras que qualquer potencial competidor enfrentaria para entrar no mercado brasileiro seriam praticamente intransponíveis, caso essa estrutura não viesse a ser rompida em diversos pedaços ou tolhida a Petrobrás em sua atuação empresarial. Em outras palavras, a ruptura do monopólio só é possível na hipótese de dissolvermos a estrutura técnico-gerencial construída nestes últimos 40 anos.

A história nos sugere os benefícios da preservação dessa estrutura. O Brasil é um país em construção; o petróleo continuará presente no coração de nosso sistema econômico por mais algumas décadas. A proteção contra as instabilidades do mercado internacional do petróleo é fundamental para nosso crescimento econômico. Mais ainda, sendo este um país de dimensões continentais, com profundas diferenças regionais, não podemos nos dar ao luxo de destruir uma das poucas estruturas com atividades em todo o território nacional e com capacidade de mobilização de recursos para alavancar o desenvolvimento regional e promover a integração dos nossos espaços vazios.

Reconhecer essas realidades não deve, no entanto, nos levar ao imobilismo. É necessário iniciar o processo de renovação do monopólio que deve ter em conta as mudanças no contexto internacional e nacional. O monopólio estatal do petróleo não deve ser confundido com o controle de todas as atividades vinculadas ao petróleo por um único ator nem tampouco com a limitação geográfica da esfera de atuação da indústria brasileira de petróleo. O ator único, cedo ou tarde, atingirá proporções tais que seu gigantismo fatalmente será visto como risco em uma sociedade descentralizada. A limitação geográfica acabará por asfixiar o desenvolvimento da estrutura técnico-gerencial, dado que a indústria do petróleo é indústria de natureza global.

Em outras palavras: atingida a maioria, é chegado o momento de iniciar o processo de abertura de espaços para novos atores e o movimento de inserção no mercado internacional.

A renovação do monopólio estatal do petróleo poderia ter como objetivos e linhas de ação imediatas:

1) Romper o monopólio do conhecimento tecnológico. O Centro de Pesquisas da Petrobrás (Cenpes) deixaria de ser da Petrobrás, criando-se, para abrigá-lo, uma fundação financiada com recur-



**O Brasil, em síntese, é dos poucos países a controlar, simultaneamente, os três elos da cadeia petrolífera: reservas, estrutura técnico-gerencial e mercado.**

sos vinculados às vendas de gasolina, à semelhança do que ocorre na França.

2) Concentrar as atividades de exploração e produção da Petrobrás nos grandes campos, particularmente no mar. Os pequenos campos em terra passariam a ser explorados por outras empresas, em regime de contrato de serviço, sob a supervisão técnica da Petrobrás. Assim, as atividades que exigem alta densidade tecnológica e gerencial ficariam a cargo da Petrobrás e as de baixa densidade tecnológica poderiam ser operadas com menores custos por outros atores menos sofisticados tecnologicamente.

3) Orientar a atuação externa da Petrobrás para a formação de parcerias estratégicas com outras empresas de petróleo, especialmente na área do Mercosul. Esse movimento é fundamental para que a Petrobrás possa ganhar acesso a novos mercados e outras áreas de produção, ficando garantido o espaço necessário para sua expansão continuada como empresa de petróleo global.

# E o vento gerou... eletricidade

Projetos-piloto mostram a viabilidade econômica de centrais eólicas

O potencial hidrelétrico do nordeste está praticamente esgotado. Para resolver o problema de demanda de energia elétrica, os ventos da região aparecem como opção economicamente viável. Para aproveitá-los, é preciso desenvolver tecnologia e essa é a área de atuação do Grupo de Energia Eólica (GEE) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco. O grupo existe há 15 anos e tem uma equipe de 10 pessoas: sete pesquisadores e três assistentes.

Em estudo recente, baseado em medições de vento realizadas pela Companhia de Eletricidade do Ceará para a implantação de uma central eólica, o GEE concluiu que um megawatt-hora (MW-hora) produzido por turbinas de vento custa 50 dólares, o mesmo valor calculado pela Eletrobrás para a geração de energia em hidrelétricas na bacia amazônica e sua transmissão para o nordeste. Isso coloca a captação da energia eólica entre as melhores alternativas para a região. Estudos adicionais revelaram não só a capacidade para geração em grande escala como também a competitividade econômica frente a outras fontes mais tradicionais de geração de energia.

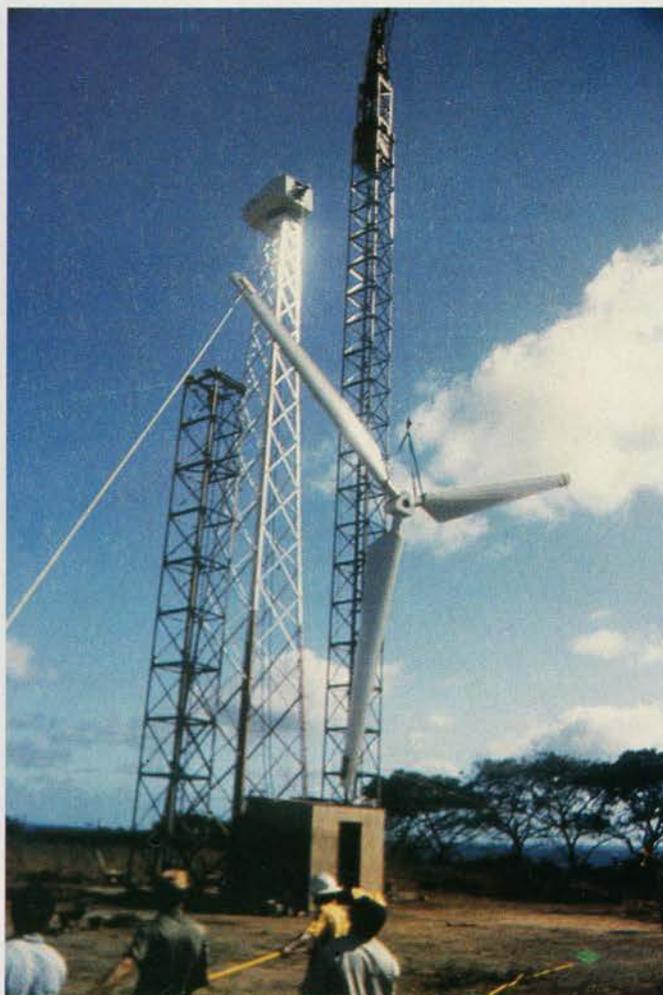
Segundo o coordenador do GEE, Everaldo Feitosa, uma

cidade do porte do Recife ou de Fortaleza poderia se beneficiar de um sistema eólico acoplado ao hidrelétrico, uma vez que a estiagem na bacia do rio São Francisco coincide com o período de pico de ventos na costa nordestina.

Feitosa destaca que a energia eólica é também uma excelente alternativa para eletrificação rural. Pequenas turbinas, de 1,5 a 10 kilowatts (kW), custam três vezes menos que os geradores fotovoltaicos (equipamentos para converter luz solar em energia elétrica). Um sistema híbrido eólico-fotovoltaico custa o mesmo que 2 km de linha de transmissão de energia elétrica. Assim, se o ponto de consumo estiver a mais de 2 km da rede, o sistema alternativo torna-se competitivo. "O vento e o Sol vão garantir o desenvolvimento do nordeste nas próximas décadas", afirma o coordenador do GEE.

## Fernando de Noronha

Embora importante como fonte alternativa de energia, o potencial eólico do Brasil era desconhecido até há bem pouco tempo. Os únicos dados existentes eram os dos ministérios da Agricultura, Aeronáutica e o Instituto Nacional de Meteorologia. Porém, uma vez que esses órgãos estudam somente as características dos ventos que mais lhes afetam, e já que as características do



Montagem da primeira turbina eólica de grande porte na América do Sul, na Ilha de Fernando de Noronha (PE).

vento para a geração de energia não são as mesmas que interessam a agricultores ou pilotos, o mapa eólico do Brasil parecia indicar que, no país, não havia ventos bons para a produção de energia elétrica.

Provando o contrário, o GEE iniciou, em 1989, a implantação da primeira turbina eólica de grande porte da América do Sul, na ilha de Fernando de

Noronha (PE). Para isso, foi firmado um convênio entre o GEE, o Instituto Folkecenter, da Dinamarca e a Companhia de Eletricidade de Pernambuco (Celpe).

O projeto começou com a medição dos ventos na ilha com anemômetros computadorizados. Esses instrumentos são capazes de medir a direção, a velocidade e a tur-

bulência do vento segundo a segundo, condensando e armazenando as informações em um *chip*. Com os dados de pelo menos um ano de medições, são feitos levantamentos estatísticos e inter-relacionadas as características do vento e do relevo de área, apontando o melhor local para a construção da turbina. A medição dos ventos na ilha revelou um dos maiores potenciais eólicos do mundo. Ventos com velocidade de 8 m/s (ou 28,8 km/h) e turbulência de 10% a 10 m do solo. Os ventos na Califórnia (EUA), por exemplo, têm turbulência três vezes maior e, mesmo assim, lá existem grandes centrais eólicas. Outras características dos ventos de Fernando de Noronha são a direção e a velocidade, quase constantes durante todo o ano. A baixa turbulência e o comportamento uniforme do vento implicam um menor esforço das turbinas geradoras e da torre, diminuindo o custo de instalação.

O segundo passo foi o projeto de construção da turbina, com ensaios de esforço da estrutura da torre e das pás do rotor, realizados em computador. O instituto Folkecenter arcou com 70% dos custos do equipamento, cabendo o restante à Celpe. Esta também pagou a instalação que, pelo difícil acesso à ilha, custou cerca de US\$ 100 mil.

A turbina instalada em Fernando de Noronha e funcionando em caráter definitivo desde o último mês de novembro está sobre uma torre de 23 m e seu rotor tem diâmetro de 17 m. A potência de geração é de 75 kW. Controlada por um microcomputador, que ajusta a direção das pás ao vento, bem como o fornecimento de energia gerada, a

turbina dispensa operador. As estimativas apontam para uma economia de 70 mil litros de óleo diesel por ano e o gerador eólico já responde por 10% da energia consumida na ilha. O projeto prevê a instalação de mais duas turbinas, garantindo para a ilha energia mais barata e limpa.

Segundo Feitosa, existem hoje no Brasil mais de 300 localidades que dependem de geradores a diesel. "Nesses locais, havendo ventos, a energia eólica é bastante competitiva, pois os custos de geração a diesel chegam a US\$ 200 por MW-hora", calcula.

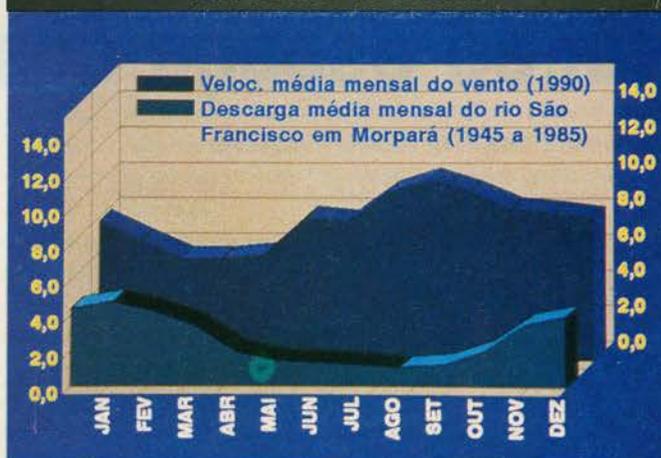
Além da competitividade econômica, existem fatores de preservação ambiental que pesam para o lado da construção de centrais eólicas, de preferência a outros tipos de captação de energia. O tempo para instalação é curto, uma central podendo ganhar uma nova turbina em apenas 24 horas. Além disso, a agressão ao meio ambiente é mínima, havendo atualmente na Europa apenas preocupação com o *layout* das centrais, para minimizar seu impacto visual sobre a paisagem. A terra onde se instalam as turbinas pode ainda ser usada para agricultura e pecuária.

#### Novos projetos

Ainda no primeiro semestre deste ano, deverá ser inaugurada a primeira central eólica do Brasil, na região de Diamantina (MG), com quatro máquinas de 250 kW cada. A obra, de responsabilidade da Companhia de Eletricidade de Minas Gerais, contou com a participação do GEE no projeto básico de medição de ventos e turbulência e localização das turbinas.

Uma central semelhante está

## Sistema hidro-eólico Nordeste do Brasil



A geração de energia eólica complementar o fornecimento de energia das hidrelétricas. O período de estiagem na bacia do rio São Francisco coincide com o pico de velocidade dos ventos na costa nordestina.

em fase de instalação na costa do Ceará, onde os ventos medidos se revelaram da mesma qualidade dos de Fernando de Noronha. Outro convênio do GEE prevê o levantamento eólico da Bahia. Esse tipo de levantamento é útil não só para projetos de grandes geradores, como também para os de menor porte, em pequenas cidades ou propriedades rurais.

A energia eólica só não tem mais sucesso, segundo Feitosa, porque as tarifas de fornecimento de energia elétrica ainda são subsidiadas. "Quando a legislação favorecer a compra de energia elétrica com tarifas realistas, haverá uma corrida da iniciativa privada para a construção de geradores eólicos, o que causará um *boom* no setor", avalia o pesquisador. Como exemplo, cita um caso no Rio Grande do Sul, onde empresas agropecuárias, em convênio com a secretaria de Energia do Estado, estão financiando a construção de uma central eólica de 500 kW. O projeto, que tem também

apoio de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pode levar à substituição completa dos geradores a diesel atualmente usados no abastecimento dessas empresas.

André Falcão  
Agência Meio/Universidade  
Federal de Pernambuco.

# O cientista brasileiro vai ao espaço cósmico

*Em breve, o Brasil vai mandar suas pesquisas para o espaço. Além de satélites científicos de pequeno porte, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em São José dos Campos (SP), está desenvolvendo as chamadas plataformas suborbitais, que geram microgravidade por até 14 minutos e que funcionam como um tipo de laboratório espacial para o desenvolvimento de novos materiais como vidros metálicos, cristais, filmes finos de semicondutores, catalisadores e enzimas, entre outros. Os lançamentos começam no final do ano que vem.*

Entre suas atividades espaciais, o Brasil tem o Programa de Missões com Satélites Científicos (Promic) e outro de Plataformas Suborbitais Reentráveis (PSO).

Para maximizar o retorno à sociedade, esses programas não podem ficar restritos a uns poucos alvos científicos imediatos de grupos isolados. Devem atender a objetivos mais amplos:

1) Dar à comunidade científica brasileira oportunidade de utilizar os recursos da tecnologia espacial como satélites, satélites recuperáveis e cargas úteis em foguetes de sondagem. Esses últimos são denominados plataformas suborbitais, pois sobem ao espaço e retornam sem entrar em órbita.

2) Difundir a engenharia e a tecnologia espaciais em universidades, indústrias e institutos de pesquisa do país através do encorajamento de programas autônomos de desenvolvimento de equipamentos, partes e materiais.

3) Permitir transferências de tecnologias entre institutos de pesquisas, universidades e in-

dústrias, aumentando a sinergia do programa espacial.

4) Consolidar a tecnologia já gerada no Brasil na área espacial através do uso contínuo, dirigindo-a para a minimização dos custos.

5) Gerar oportunidades de vôo para experimentos espaciais de um modo geral em programas internacionais de cooperação, dos quais o Brasil venha a participar.

6) Atualizar continuamente os interesses científicos e tecnológicos na área espacial brasileira para a realimentação dos programas e a concepção de futuros programas espaciais.

Os objetivos e as características, claro, são inter-relacionados. A difusão dos benefícios do espaço, por exemplo, tem impacto na estrutura gerencial, na adoção de micro e minissatélites e, inclusive, no conceito de arquitetura do satélite. Assim, a forma de gestão do programa foi concebida para difundir, com eficácia, a engenharia e a tecnologia espaciais em institutos de pesquisa, universidades e empresas privadas.

## Núcleos de desenvolvimento e intercâmbio

Atualmente, há núcleos de desenvolvimento de tecnologia (NDEs) em universidades e institutos de pesquisa, atuando em áreas, ligadas ao espaço, como telecomunicações, computação, tratamento de sinais, informática, controle automático e seleção de componentes eletrônicos etc. Essas universidades, centros de pesquisas e empresas privadas têm pessoal qualificado, além de produtos correlatos já desenvolvidos, que irão servir facilmente como ponto de partida para a obtenção de produtos mais confiáveis, de maior compactação e maior desempenho, compatíveis com o uso em futuras missões espaciais.

Um programa de desenvolvimento descentralizado poderia servir de ponto de apoio para alavancar o desenvolvimento nas áreas de tecnologias de ponta, provendo financiamentos e demanda estável por serviços, até o estágio de desenvolvimento em que se viabilize a entrada definitiva dessas novas tecnologias no mercado, criando-se assim condições para o aparecimento de novos setores econômicos.

A participação das universidades permitirá a adequação dos currículos universitários e a incorporação de temas relativos ao espaço, garantindo suprimento adequado de mão-



Esquema da Plataforma Suborbital Reentrável.

FOTO: CEDIDA PELO AUTOR

de-obra qualificada à área espacial, que deve crescer muito nas próximas décadas. As atividades acadêmicas também podem ser beneficiadas com novos horizontes para o desenvolvimento de teses.

Outro tópico é o de instalações e equipamentos de teste e desenvolvimento, no qual o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e outros órgãos se completam. O intercâmbio é necessário para aumentar a utilização desses equipamentos, de forma a maximizar o retorno dos investimentos já executados.

### Editais, poluição e antenas

Esses programas devem dispor ainda de ferramentas para garantir que a seleção dos experimentos a serem embarcados em cada missão seja tanto efetiva cientificamente quanto viável técnica e financeiramente. Para isso, optou-se por uma política de anúncios de oportunidade (AOs).

Nesse sistema, editais (AOs) anunciarão amplamente à comunidade a data de voo, os parâmetros e os requisitos técnicos do experimento, as especificações do ambiente de operação e lançamento, os requisitos do plano de garantia de qualidade do experimento, as normas de execução e projeto aplicáveis, os critérios de seleção, a documentação a ser apresentada para o processo seletivo e a data da mesa de definição de missão (MDM), na qual se dará a seleção definitiva do experimento a ser embarcado.

A avaliação das propostas será feita por critério de nota mínima, com base na importância científica, na viabilidade técnica, nas viabilidades de prazos e aspectos financeiros.

A grande vantagem dessa

política de AOs é democratizar o acesso às oportunidades de voo/lançamento, tornar transparente os critérios de seleção e criar um clima saudável de concorrência entre os pretendentes do uso do espaço que estimule a melhoria contínua do nível tecnocientífico dos experimentos e maximize o retorno dos investimentos necessários à realização das missões.

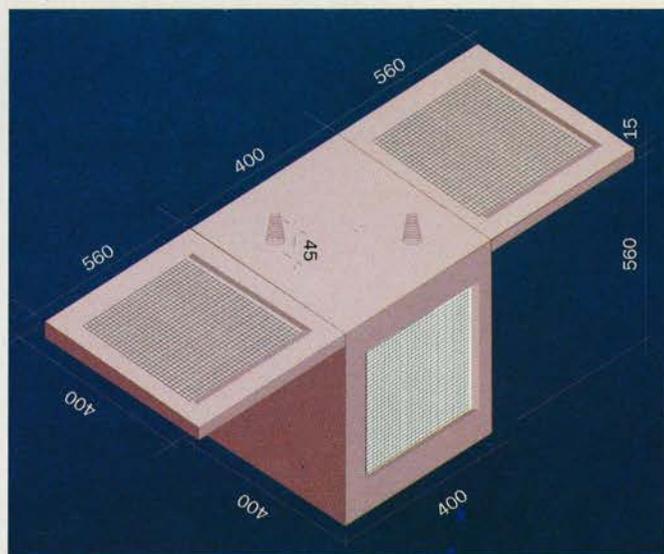
Há grande interesse em estudos de controle de plâncton e biomassa, estudos com plasmas e fenômenos da ionosfera, recursos hídricos, circulação marítima, recursos minerais, poluição, medição de umidade do solo, controle de erosão, medições de albedo (poder difusor) terrestre, além de estudos de novos tipos de antena, novas faixas de frequência para telecomunicações, interferências e radiopropagação, entre outros.

Tudo isso gera forte demanda por missões espaciais de baixo custo, que exigem diferentes órbitas, prazos de observação muitas vezes incompatíveis com a vida de um único satélite e que necessitam de várias missões, inclusive em consequência dos elevados volumes e da massa total dos experimentos e dos equipamentos ligados a essas atividades.

### Satélites e plataformas

Para atender à demanda estimada de um voo por ano, o Inpe pretende colocar à disposição do mercado plataformas orbitais (satélites sem carga útil), com massa entre 50 kg e 100 kg, capazes de acomodar cargas úteis de até 10 kg, no caso das menores plataformas, e 100 kg, no caso das maiores.

O menor desses satélites terá massa total máxima de 60 kg e o maior desses satélites



Satélite científico de pequeno porte para voo conjunto com o CBERS (primeiro satélite sino-brasileiro de sensoriamento remoto). O espaço da carga útil é de 290 x 290 x 130 milímetros.

terá massa de 200 kg, dos quais metade será devido à carga útil. A plataforma de 50 kg já estará disponível em 1996, quando se prevê seu lançamento simultâneo ao CBERS (primeiro satélite sino-brasileiro de sensoriamento remoto). No programa Plataformas Suborbitais Reentráveis, o Inpe desenvolve uma plataforma suborbital recuperável, estabilizada em três eixos, para experimentos com microgravidade. Ela também servirá para o desenvolvimento de novos satélites e giroscópios, sistemas de recuperação e melhorias em sistemas de micropropulsão e hidrazina.

Essa plataforma deverá ter massa total de 120 kg, dos quais 30 kg serão de carga útil. Ela proporcionará de 12 a 14 minutos de microgravidade, ou seja, acelerações menores que  $0,000010 g$  durante a fase de voo inercial (subida e descida) na alta atmosfera –  $g$ , a aceleração da gravidade, vale cerca de  $10 m/s^2$  na superfície terrestre. O primeiro voo da PSO, com um foguete Sonda III, está

programado para o final de 1995.

### Corrida e novos materiais

Com essa plataforma, pretende-se inserir o Brasil em uma nova corrida internacional, na qual se ensaia o uso do espaço para a fabricação de novos materiais como vidros metálicos, ligas coloidais, cristais, filmes finos de semicondutores de gálio e arsênio, vidros especiais, catalisadores e enzimas, entre outros. Vale lembrar ainda que é possível processar materiais sem o uso de recipientes, o que possibilita a obtenção de substâncias com maior pureza.

Em etapa posterior, espera-se produzir plataformas suborbitais maiores, relacionadas com o aproveitamento do VS40 (foguete-sonda), e ainda, futuramente, satélites recuperáveis.

*Luis Antonio WaakBambace*  
Projeto Novos Satélites,  
Instituto Nacional de Pesquisas  
Espaciais.

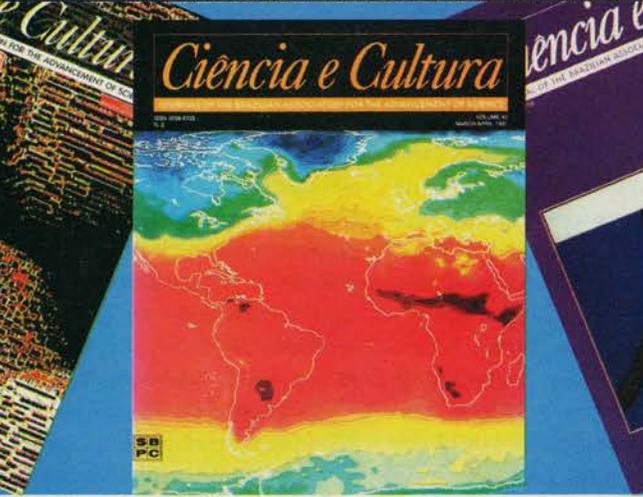
# A globalização começa em casa.

Leia e divulgue lá fora.



## Ciência e Cultura

JOURNAL OF THE BRAZILIAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE



**Research Articles**

**The morphological space of a Brazilian cerrado moth community**

JOÃO E. C. FERREIRA, LUCIO C. BASSI,  
AMÉLIA L. T. DE SAZAS, PAULO I. K. L. DRAGO

Phylogenetic and Ecological, Universidade Federal de Campina Grande, 57.072-970, Brazil and  
Department of Zoology, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 31270-900, Brazil

We observed convergence among morphological and nesting behavior in a moth community sampled by light trap in the cerrado vegetation of Lagoa Santa, MG, Brazil. The characters studied were directly related to the degree of moth cryptism against certain backgrounds. The distribution of the morpho-species in morphometric spaces generated by the first two axes of a principal component analysis (PCA), observed three high density regions, which denote similar morpho groups. Decisions were explained more power by included morpho-species, we suggest that they may have resulted from evolutionary constraints on morphology and nesting behavior. The morphological similarities observed may be a result of an evolutionary radiation-mediated convergence process characterized by the structural attributes of predominant nesting places.

**Abstract**

The objective of this study was to analyze the morphological and nesting behavior of a moth community sampled by light trap in the cerrado vegetation of Lagoa Santa, MG, Brazil. The characters studied were directly related to the degree of moth cryptism against certain backgrounds. The distribution of the morpho-species in morphometric spaces generated by the first two axes of a principal component analysis (PCA), observed three high density regions, which denote similar morpho groups. Decisions were explained more power by included morpho-species, we suggest that they may have resulted from evolutionary constraints on morphology and nesting behavior. The morphological similarities observed may be a result of an evolutionary radiation-mediated convergence process characterized by the structural attributes of predominant nesting places.

**Key words:** Cerrado, moth community, morphological space, nesting behavior, PCA.

**Research Articles**

**Figure 1. Photographs of morphological characters of moths in the cerrado vegetation of Lagoa Santa, MG, Brazil. The characters studied were directly related to the degree of moth cryptism against certain backgrounds. The distribution of the morpho-species in morphometric spaces generated by the first two axes of a principal component analysis (PCA), observed three high density regions, which denote similar morpho groups. Decisions were explained more power by included morpho-species, we suggest that they may have resulted from evolutionary constraints on morphology and nesting behavior. The morphological similarities observed may be a result of an evolutionary radiation-mediated convergence process characterized by the structural attributes of predominant nesting places.**

**Table 1. Morphological characters of moths in the cerrado vegetation of Lagoa Santa, MG, Brazil. The characters studied were directly related to the degree of moth cryptism against certain backgrounds. The distribution of the morpho-species in morphometric spaces generated by the first two axes of a principal component analysis (PCA), observed three high density regions, which denote similar morpho groups. Decisions were explained more power by included morpho-species, we suggest that they may have resulted from evolutionary constraints on morphology and nesting behavior. The morphological similarities observed may be a result of an evolutionary radiation-mediated convergence process characterized by the structural attributes of predominant nesting places.**

Character	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Table 2. Morphological characters of moths in the cerrado vegetation of Lagoa Santa, MG, Brazil. The characters studied were directly related to the degree of moth cryptism against certain backgrounds. The distribution of the morpho-species in morphometric spaces generated by the first two axes of a principal component analysis (PCA), observed three high density regions, which denote similar morpho groups. Decisions were explained more power by included morpho-species, we suggest that they may have resulted from evolutionary constraints on morphology and nesting behavior. The morphological similarities observed may be a result of an evolutionary radiation-mediated convergence process characterized by the structural attributes of predominant nesting places.**

Character	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Figure 2. Diagram illustrating the morphological space of a Brazilian cerrado moth community. The diagram shows a grid of 12 small photographs of moth specimens and their pupae, arranged in a 3x4 grid. The grid is labeled with '1' through '12' in the top left corner. The grid is surrounded by a grid of 12 small squares, each containing a different color or pattern. The grid is labeled with '1' through '12' in the top left corner. The grid is surrounded by a grid of 12 small squares, each containing a different color or pattern. The grid is labeled with '1' through '12' in the top left corner.**

A nossa revista internacional.



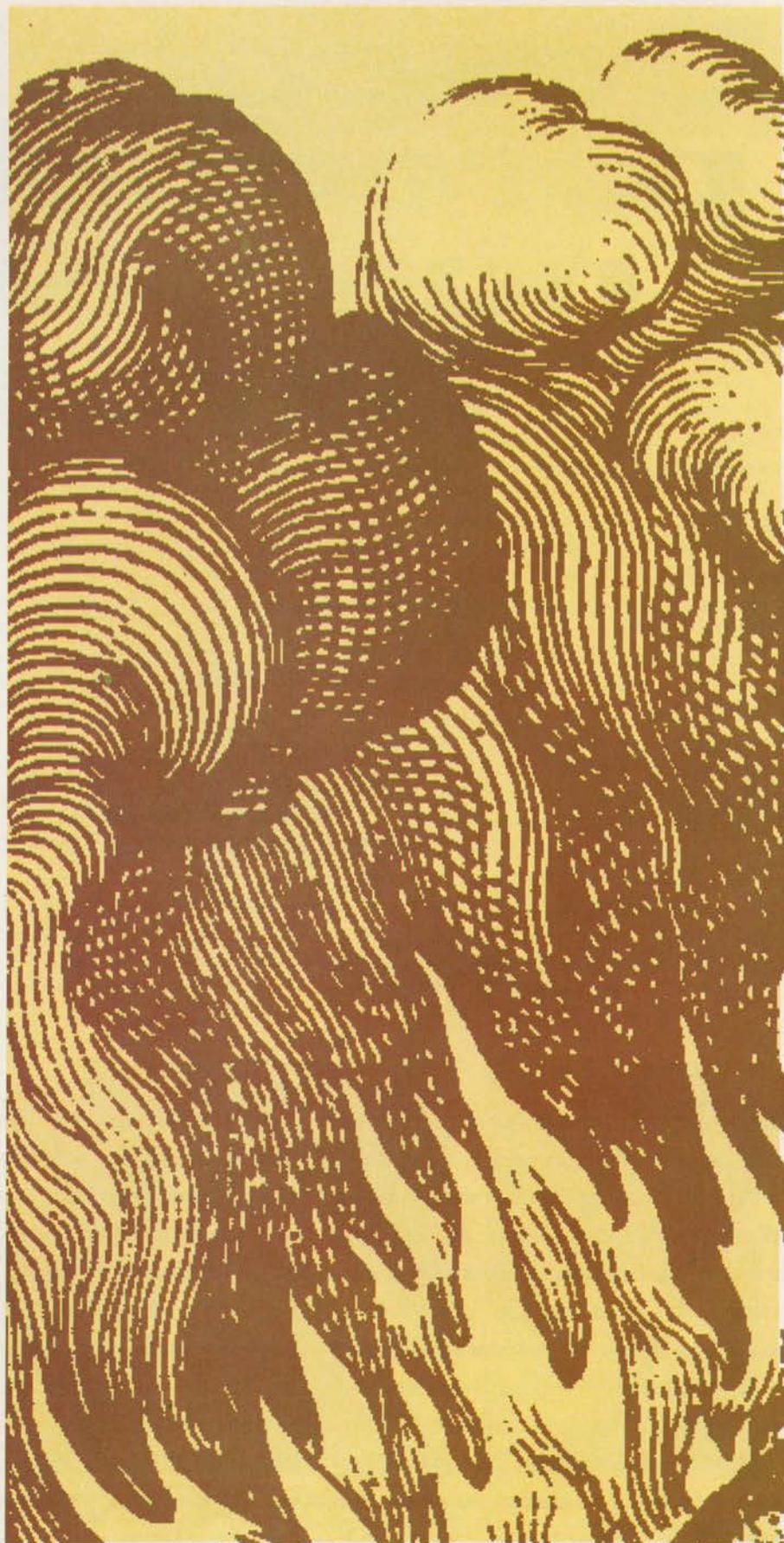
## Sugestões para leitura

- ANDREAE M.O., 'Ocean-atmosphere interactions in the global biogeochemical sulfur cycle', *Marine Chemistry* nº 30, 1990, pp. 1-29.
- BUAT-MÉNARD P., *The role of air-sea exchange in geochemical cycling*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1986.
- BRINKMANN W.L.F. & SANTOS U. de M., 'The emission of biogenic hydrogen sulfide from Amazonian floodplain lakes', *Tellus* nº 16, 1974, pp. 261-267.
- CARDOSO A.A. & PITOMBO L.R.M., 'Contribuição dos compostos reduzidos de enxofre no balanço global de enxofre ambiental', *Química Nova* nº 15, 1992, pp. 219-223.
- SALTZMAN E.S. & COOPER W.J., *Biogenic Sulfur in the Environment*, American Chemical Society, Washington DC, 1989.
- DE MELLO W.Z., *Factors controlling fluxes of volatile sulfur compounds in Sphagnum peatlands* (tese de doutorado), University of New Hampshire, EUA, 1992.
- , COOPER D.J., COOPER W.J., SALTZMAN E.S., ZIKA R.G., SAVOIE D.L. & PROSPERO J.M., 'Spatial and diel variability in the emissions of some biogenic sulfur compounds from a Florida *Spartina alterniflora* coastal zone', *Atmospheric Environment* nº 21, 1987, pp. 987-990.
- GALVÃO FILHO J.B., 'Uma metodologia para controle de odores', *Ambiente*, vol. 2, pp. 51-54, 1988.

EDIÇÃO DE TEXTO: Maria Ignez Duque-Estrada



William Zamboni de Mello, com cursos de mestrado em química pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e Química Marinha e Atmosférica pela University of Miami, EUA, doutorou-se em Geoquímica pela University of New Hampshire, EUA, e atualmente é professor visitante no curso de pós-graduação em Geoquímica da UFF. Desenvolve pesquisas sobre deposição ácida nos centros urbanos e industrializados, intercâmbio de gases e partículas entre a biosfera e a atmosfera, além de estudos sobre os ciclos nutrientes em bacias hidrográficas em áreas de preservação da Mata Atlântica.



# Descobrimos parentes nos seres vivos

“

*Gracias quiero dar al divino  
laberinto de los efectos y las causas  
por la diversidad de las criaturas  
que forman este singular universo.*

”

**Jorge Luis Borges,**  
“Otro poema de los dones”

**Um método que permite classificar os seres vivos por suas relações de parentesco e tenta reconstruir, dessa forma, a história da vida sobre a Terra gerou uma verdadeira revolução na classificação biológica. Esse método, o cladismo (cujo nome vem do grego clados: ramo), propicia uma interação fecunda de vários ramos da biologia, como a biogeografia, a biologia evolutiva e a ecologia. Além disso, transformou-se em ferramenta eficaz a ser utilizada quando se planejam estratégias de conservação da diversidade biológica.**

**Juan J. Morrone,  
Maria M. Cigliano  
e Jorge V. Crisci**  
*Laboratório de Sistemática  
e Biologia Evolutiva,  
Museu de La Plata,  
Argentina.*



**a**s leis da biologia estão escritas na linguagem da diversidade. Quanto mais profundamente se estuda a diversidade biológica, mais depressa se descobrem os princípios unificadores da biologia e as leis que regem esse singular universo de organismos.

A biologia comparada (sistemática, biogeografia, paleontologia e embriologia) estuda a diversidade das espécies e dos taxa superiores [taxa ou táxon: qualquer categoria taxonômica, como gênero, família etc.], analisando a distribuição de seus atributos com o objetivo de captar os padrões bióticos, isto é, a aparente ordem da vida. Por sua

vez, a biologia geral (genética, ecologia de populações, fisiologia e evolução) estuda os processos e mecanismos que geram a diversidade biológica.

O crescimento da biologia comparada acompanhou o da acumulação de dados sobre a diversidade de atributos dos organismos. Como resultado desses estudos, mais de um milhão e meio de espécies foram descritas e nomeadas. Entretanto, o simples acúmulo de dados sobre o mundo em que vivemos, por mais ordenados que sejam, não basta para compreender esse mundo. A teoria da evolução, formulada por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace em meados do século XIX, permite-nos

interpretar os dados acumulados pela biologia comparada. O estudo da diversidade da vida, agora observado através da lente da teoria evolucionista, equivale ao estudo da história da vida. Do mesmo modo, a análise da forma (semelhanças e diferenças nos atributos dos organismos) já não pode ser separada da consideração do tempo e do espaço.

Em 1950, quase 100 anos depois de Darwin publicar *A origem das espécies*, o entomólogo alemão Willi Hennig propôs um método de classificação destinado a reconstruir a história da vida, mesmo quando só se pudesse contar com os dados do presente.

A sistemática, disciplina que busca classificar os seres vivos segundo critérios que variam com as épocas, é qualificada, no caso de que nos ocupamos, como filogenética. Logo veremos por quê.

O método proposto por Hennig se baseia no fato de que, devido à evolução, cada estrutura biológica se define, num sentido histórico, segundo o lugar que ocupa na árvore genealógica dos seres vivos. As estruturas e as funções biológicas únicas que se herdam das espécies ancestrais permitem caracterizar tanto essas espécies como as que delas descendem. Ao reconhecer tais características únicas, é possível detectar as relações genealógicas ou filogenéticas existentes entre espécies. O cladismo, metodologia aplicada pela sistemática filogenética, procura reconstruir as genealogias dos organismos e elaborar classificações que as reflitam.

**O** cladismo se apóia no axioma fundamental de que existe na natureza, como resultado da evolução, uma ordem que se manifesta nas semelhanças entre organismos. Porém os organismos podem se parecer porque compartilham tanto de características presentes em um ancestral distante, como de características que se encontravam na

espécie que deu origem ao grupo em que se incluem. Por exemplo, os mamíferos assemelham-se entre si por possuir uma coluna vertebral, já presente no ancestral que deu origem a todos os vertebrados (peixes + anfíbios + répteis + aves + mamíferos), porém também pela presença de pêlos e glândulas mamárias, que aparecem apenas em seu ancestral comum mais recente. Nesse caso, consideramos as vértebras como características primitivas e os pêlos e glândulas como características evoluídas. Este exemplo nos permite constatar que as semelhanças entre indivíduos se ordenam hierarquicamente, porque algumas características aparecem antes de outras no tempo. Hennig chamou as primitivas de 'características plesiomórficas' e as evoluídas de 'características apomórficas'. Tais características, quando compartilhadas por vários organismos, denominam-se, respectivamente, 'plesiomorfias' ou 'sinapomorfias'.

Para Hennig, apenas as sinapomorfias indicam relações de parentesco entre organismos. Ao grupo de organismos que compartilham uma sinapomorfia ele chamou de 'monofilético'. Um grupo monofilético, que inclui um ancestral comum e todas as espécies que dele descendem, é reconhecido pela presença

de, pelo menos, uma característica apomórfica. O padrão de semelhanças entre os organismos se expressa por meio de um diagrama hierárquico ramificado, o cladograma, em cujos pontos de ramificação indica-se a ordem em que aparecem as distintas características apomórficas. O cladograma das plantas vasculares (figura 1) ilustra esses conceitos. A presença de esporófito independente e de tecidos de sustentação e condução com linina são as características comuns, as sinapomorfias, que evidenciam uma ancestralidade comum a essas plantas. As demais características assinaladas nos pontos de ramificação do cladograma indicam grupos monofiléticos menores. Por exemplo, as cicas, os pinheiros, *Ginkgo*, *Ephedra*, rosas e orquídeas têm sementes, o que as distingue das demais plantas consideradas, mostrando que integram o grupo monofilético das 'espermatófitas'.

Como saber quando certas características são apomórficas? Por exemplo, no caso analisado, são as sementes ou a linina? Para responder a essa pergunta, podemos usar vários critérios. O mais empregado consiste em fazer uma comparação com o grupo externo ou irmão, isto é, o mais próximo daquele

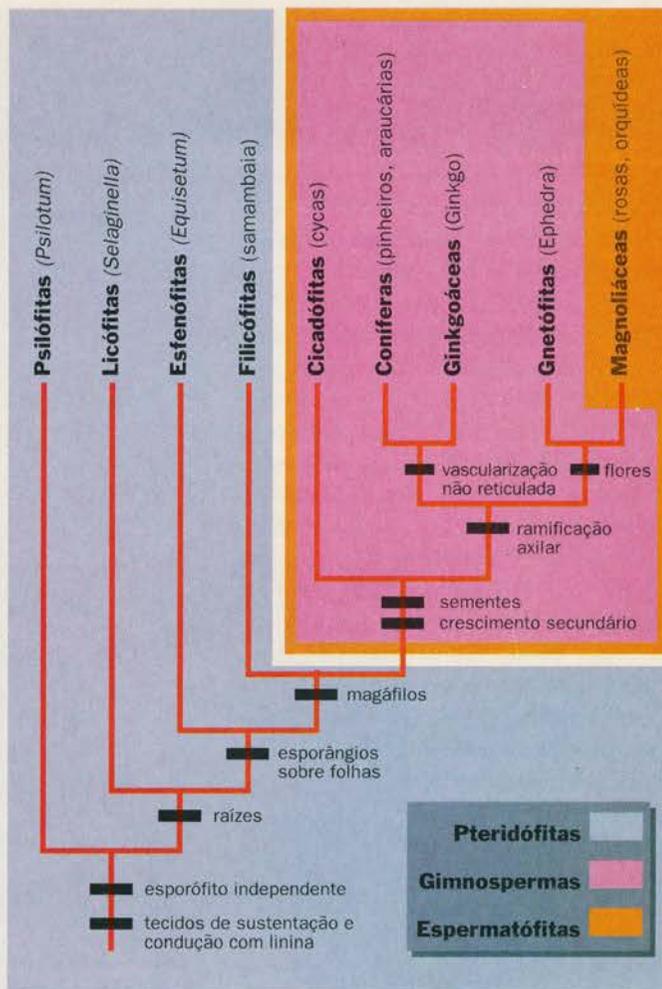


*Platycerium grande*, do grupo das filicófitas, que antigamente incluía as pteridófitas.

estudado. Se a característica aparece nesse segundo grupo, ela é considerada plesiomórfica, já que se pode inferir sua presença no ancestral comum a ambos. Ao contrário, quando a característica examinada só aparece no grupo em estudo, ela é considerada apomórfica, porque é possível inferir que se trata de uma novidade evolutiva. Nos vertebrados com mandíbulas, o esqueleto pode ser cartilaginoso (condrictios: tubarões e arraias) ou ósseo (peixes ósseos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). Se analisarmos as minixinas, o grupo mais próximo dos vertebrados com mandíbulas, veremos que seu esqueleto é cartilaginoso. Portanto, nos vertebrados com mandíbulas, esta é a característica primitiva ou plesiomórfica, e o esqueleto ósseo a característica evolutiva ou apomórfica (figura 2a).

Outro critério para determinar se as características são apomórficas ou plesiomórficas é o critério ontogenético, relacionado com o aparecimento dessas características durante o ciclo de vida do indivíduo. Consideram-se plesiomórficas as características que aparecem nas primeiras etapas do desenvolvimento e apomórficas as que surgem em etapas mais tardias. A presença de esqueleto ósseo nos adultos de mamíferos, répteis e pei-

**Figura 1.**  
**Cladograma das plantas vasculares.**  
**Todas elas compartilham duas características apomórficas comuns (tecidos de sustentação e condução com linina). Nos pontos de ramificação indicam-se as características apomórficas, que evoluem em cada grupo monofilético ou clado. As espermatófitas (p. ex., pinheiros e rosas) constituem um grupo monofilético com respeito ao ancestral comum, que adquiriu a característica de possuir sementes. As plantas sem sementes (p. ex., as samambaias) e aquelas com sementes nuas, as gimnospermas (p. ex., os pinheiros), constituem grupos parafiléticos.**



*Encephalartos woodii*, das cicadófitas, antigamente incluídas no grupo parafilético das gimnospermas.



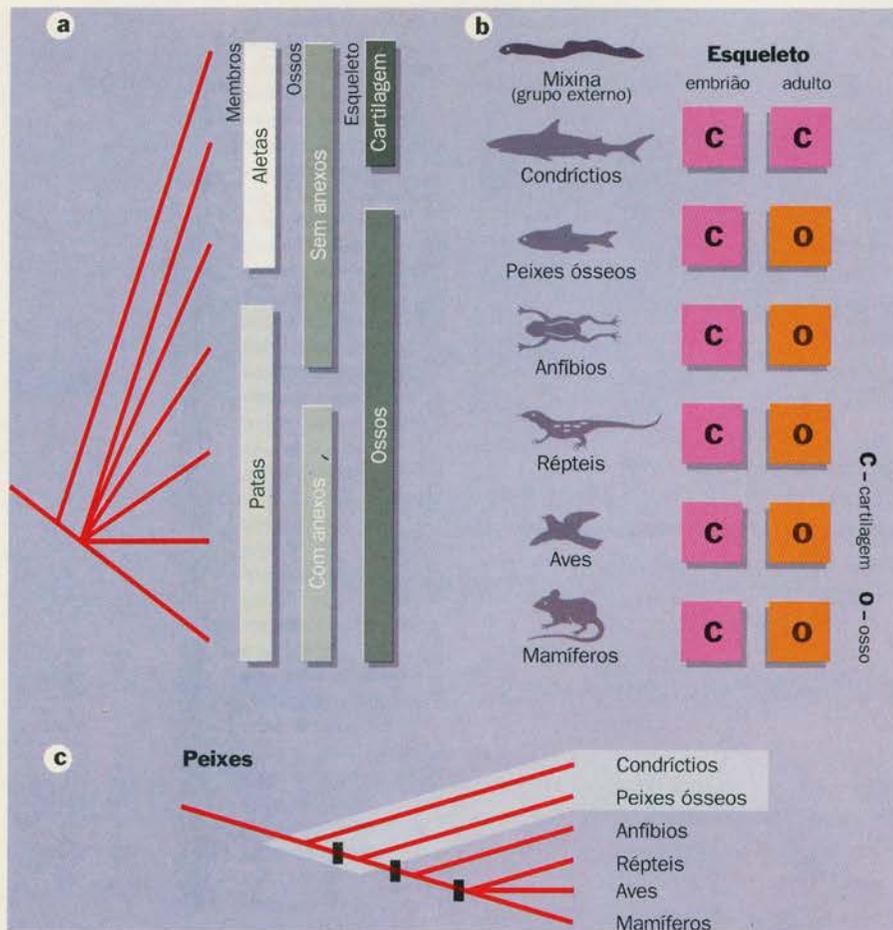
*Taxus* sp., das coníferas, antigamente consideradas entre as gimnospermas.

xes ósseos, em substituição à cartilagem das etapas mais precoces, é considerada apomórfica. A presença de cartilagem no esqueleto de tubarões é uma característica plessiomórfica (figura 2b), coincidindo com o resultado obtido por meio da aplicação do critério comparativo. A figura 2c mostra o cladograma resultante da aplicação dos dois critérios.

Os cladogramas permitem delimitar três tipos de grupos: monofiléticos, parafiléticos e polifiléticos. Um grupo monofilético (clado) inclui todos os descendentes de um ancestral comum, por exemplo as espermatófitas. Quando não estão incluídos alguns dos descendentes do ancestral comum, nos encontramos diante de um grupo parafilético. Tradicionalmente, os pesquisadores incluíram em suas classificações numerosos grupos que hoje são considerados parafiléticos. No cladograma das plantas vasculares visto antes, tanto as pteridófitas (psilófitas + licófitas + esfenófitas + filicófitas) como as gimnospermas (cicadófitas + coníferas + ginkgoáceas + gnetáceas) constituem grupos parafiléticos. Da mesma forma acontece com os peixes (tubarões e peixes ósseos), que vimos no cladograma anterior, dos vertebrados.

O terceiro tipo de grupo, o polifilético, é integrado pelos descendentes de diferentes linhas ancestrais. Tomemos como exemplo o caso dos pinídeos. Classicamente, os biólogos sistemáticos reuniam elefantes-marinhos, focas, lobos-marinhos e morsas na subordem dos pinídeos, em vista da semelhança de seus membros locomotores. Estudos anatómicos minuciosos revelaram que os elefantes-marinhos, as morsas e as focas compartilham sinapomorfias com as nútrias, enquanto os lobos-marinhos compartilham outras sinapomorfias com os ursos, razão pela qual os pinídeos constituem um grupo polifilético (figura 3).

**a** sistemática proporciona classificações que resumem o conhecimento existente sobre os atributos dos organismos. Os outros campos da biologia comparada e, em muitos casos, da biologia geral, devem considerar esses conhecimentos, uma vez que eles lhes permitem interpretar criticamente tanto os processos evolutivos – por exemplo, o surgimento de



**Figura 2. Critérios para determinação das características apomórficas: (a) comparação com um grupo externo; (b) determinação do aparecimento das características durante o ciclo de vida; (c) cladograma resultante.**

uma nova espécie – como os fenômenos de adaptação. Ao oferecer explicações dentro de um contexto histórico, a construção de cladogramas, independentemente das teorias sobre os processos biológicos, permite avaliar essas teorias. Veremos adiante exemplos da aplicação dos métodos cladísticos a estudos sobre especiação, biogeografia e adaptação.

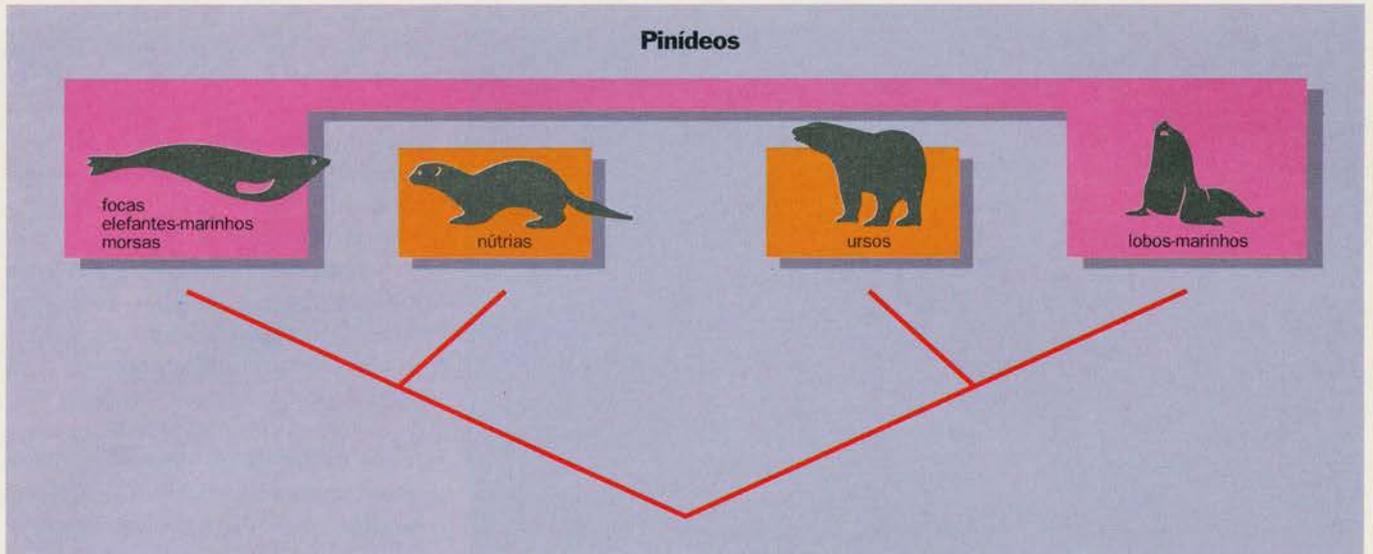
Chama-se especiação o conjunto de processos que conduzem ao surgimento de novas espécies. Nesses processos intervêm fatores extrínsecos (condições geográficas sob as quais têm início o processo de especiação) e intrínsecos (particularidades genéticas, reprodutivas, de comportamento) que caracterizam novas espécies e as mantêm como entidades independentes.

De acordo com as condições geográficas em que surgem barreiras de isolamento reprodutivo entre populações ancestrais, foram propostos diferentes modelos de especiação. Quando se ana-



*Oenothera glazoviana*, da família das fúcias, pertencente ao grupo das magnoliáceas.

lisam os cladogramas nesse tipo de estudo, considera-se que cada ponto de ramificação representa um evento de especiação. Para avaliar os modelos, torna-se importante reconhecer quais são as relações cladísticas das espécies em questão. Vamos examinar um caso muito interessante.



**Figura 3. Cladograma que assinala o caráter polifilético dos pinídeos.**

Existe na América do Sul o gênero de sapos *Cerathropys*, que inclui seis espécies distribuídas em uma ampla variedade de ambientes, como selvas tropicais (*C. aurita* e *C. cornuta*), campos (*C. ornata*) e zonas semi-áridas (*C. calcarata*) e áridas (*C. stolzmanni* e *C. cranwelli*). Em 1982, J. Lynch realizou a análise cladística das espécies de *Cerathropys* para pôr à prova a teoria dos refúgios proposta por J. Haffer. De acordo com ela, o surgimento de espécies nas selvas tropicais sul-americanas

deveu-se a ciclos de aridez ocorridos durante o Pleistoceno. Durante tais períodos, a selva se reduziu a 'manchas' ou 'ilhas' que se transformaram em refúgios de fauna e flora, e as populações isoladas dentro delas logo se diferenciaram em novas espécies.

A análise cladística do gênero *Cerathropys* mostra dois grupos monofiléticos (figura 4). Destes, o constituído por *C. stolzmanni*, *C. calcarata* e *C. cornuta* distribui-se na selva amazônica, norte da

Colômbia e da Venezuela e no golfo de Guaiaquil, enquanto aquele formado por *C. cranwelli*, *C. ornata* e *C. aurita* associa-se ao sistema do rio Paraná e às áreas costeiras do sudeste do Brasil, do Uruguai e da Argentina. As três espécies do grupo do norte apresentam distribuição alopátrica, isto é, estão isoladas entre si por barreiras geográficas. *Cerathropys cornuta* tem uma distribuição mais ampla, o que nos levaria a postular ser ela a espécie ancestral que deu origem às outras duas.



**Elefante-marinho, *Mirounga leonina*.**



Lobo-marinho, *Otaria flavescens*.

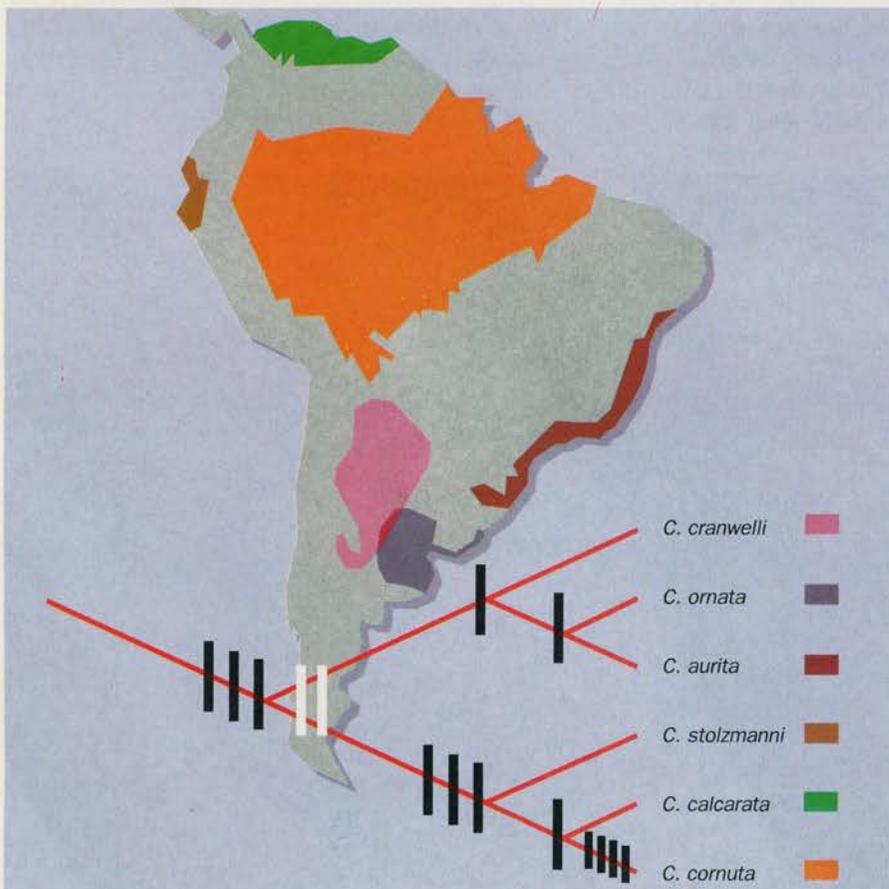


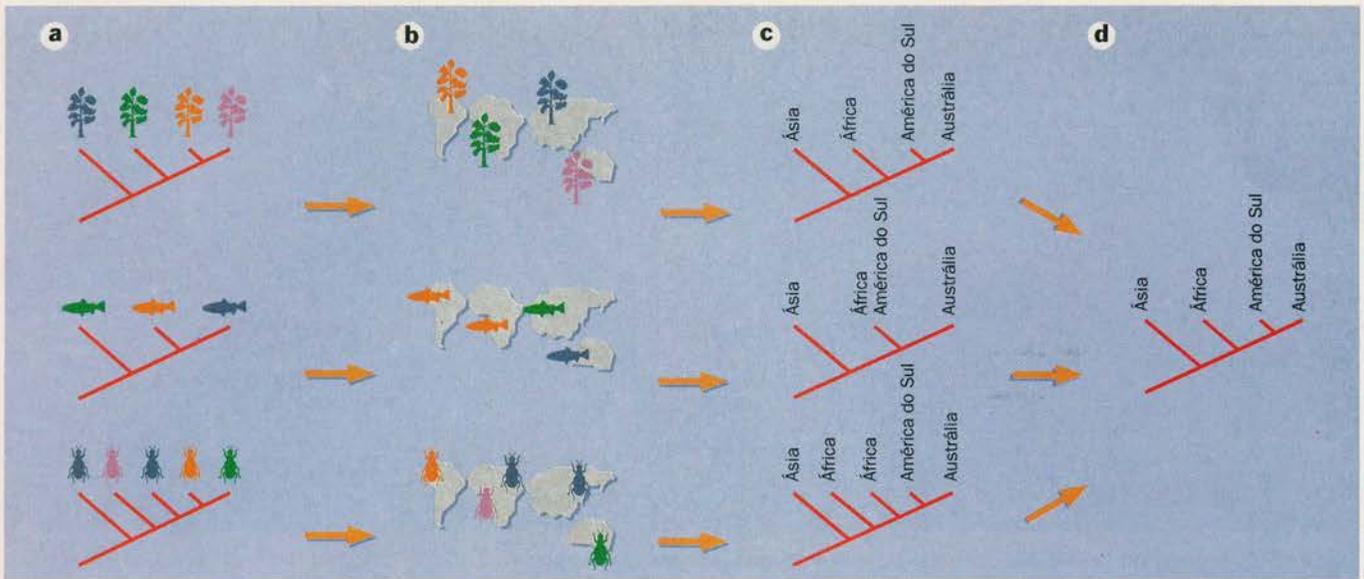
Figura 4. Distribuição geográfica e cladograma das espécies de sapos do gênero *Ceratothryx*.

A análise cladística de Lynch recusa essa hipótese, ao evidenciar que *C. cornuta* não pode ser considerada ancestral por ser espécie irmã de ambas. Ela é também, como revela a análise, o membro mais divergente do grupo, uma vez que possui um número maior de apomorfias. Em suma, as relações do cladograma são uma evidência em favor da especiação alopátrica (grupos isolados geograficamente) como explicação da origem dessas três espécies. Ainda assim, as duas únicas espécies selváticas desse gênero (*C. aurita* e *C. cornuta*) encontram-se em grupos monofiléticos diferentes, o que torna desnecessário explicar sua diferenciação por meio da teoria dos refúgios.

Lynch concluiu que, embora o modelo dos refúgios permita explicar a diferenciação de alguns taxa das selvas tropicais da América do Sul, ele não tem aplicação para as espécies de *Ceratothryx*.

Talvez a disciplina com a qual a metodologia cladística tenha uma interação mais frutífera seja a biogeografia histórica. Não é por acaso que essa interação deu origem a um novo ramo da biologia comparada, a 'biogeografia da vicariância'. Essa disciplina supõe uma estreita analogia entre a sistemática e a biogeografia. Assim como a relação entre as características permite expressar relações entre taxa, a informação sobre as relações entre os taxa permite inferir relações entre as áreas que eles habitam. A biogeografia da vicariância imagina que, a partir dos cladogramas de vários taxa diferentes que habitam uma mesma região, é possível deduzir as relações históricas entre as áreas dessa região. Para realizar esta análise, substituem-se nos cladogramas (figura 5) os taxa (5a) pelas áreas que eles ocupam (5b), obtendo-se os respectivos cladogramas de áreas (5c). O passo seguinte é verificar se existe um padrão de relação das áreas que se repita em todos os cladogramas (5d). A combinação dos diferentes cladogramas parciais em um único cladograma geral de áreas nos permite formular uma hipótese para explicar a história biogeográfica do conjunto de taxa (biota) e, por conseguinte, das áreas onde eles se distribuem.

As relações entre a região austral da América do Sul e outras regiões do planeta foram analisadas por meio da aplicação



**Figura 5. Etapas da análise da biogeografia da vicariância: a) cladograma de taxa; b) distribuição geográfica dos taxa; c) cladograma de áreas; e d) cladograma geral de áreas.**

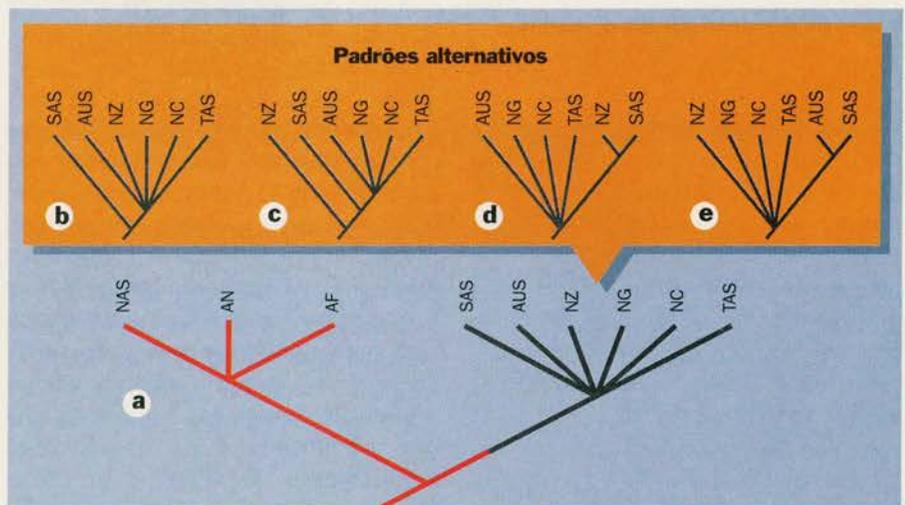
dessa metodologia. Graças à incorporação de novos dados e a aplicação de metodologias modernas, recentemente conseguimos confirmar e ampliar resultados obtidos na década passada por C. Patterson, C. Humphries e L. Parenti. A partir dos cladogramas de áreas obtidos de 17 taxa de insetos, fungos e plantas (figura 6), nossa análise confirmou que a biota da América do Sul teria uma origem híbrida, por se tratar de um continente cujas áreas norte (tropical) e sul (patagônica) teriam histórias independentes. A região sul compartilharia uma história comum com outras regiões austrais, enquanto a região norte estaria relacionada com a América do Norte e a parte sul da África (figura 7a). A região austral se relacionaria com as demais áreas austrais, de acordo com quatro padrões alternativos (7b a 7e). A existência desses padrões permite-nos postular que a biota da região austral da América do Sul teria uma origem composta em si mesma.

**a** ecologia histórica se ocupa da adaptação dos organismos ao ambiente no qual se encontram. Essa disciplina surgiu recentemente, em virtude da interação da ecologia com o cladismo. Este proporciona as hipóteses filogenéticas que são utilizadas para reconstruir os padrões históricos de origem e diversificação das características.

Um trabalho interessante do ponto de



**Figura 6. Três exemplos de cladogramas de áreas empregados na análise das relações entre América do Sul e outras áreas. Essa análise levou em conta 17 taxa de insetos, fungos e plantas. (AF = África, AUS = Austrália, AN = América do Norte, NC = Nova Caledônia, NG = Nova Guiné, NAS = Norte da América do Sul, NZ = Nova Zelândia, SAS = Sul da América do Sul, TAS = Tasmânia.)**



**Figura 7. Cladograma geral de áreas obtido da análise de 17 taxa. Pode-se observar a vinculação do norte da América do Sul com a África e a América do Norte, e a vinculação do sul da América do Sul com outras regiões austrais. Assinale-se aqui o caráter híbrido de nosso subcontinente. O estudo sugere possíveis padrões alternativos para as regiões austrais, que indicariam a provável existência de uma biota de origem composta. As siglas estão definidas na figura 6.**



*Montanoa bipinnatifida*. Da família das margaridas, possui formas arbustivas e arbóreas.

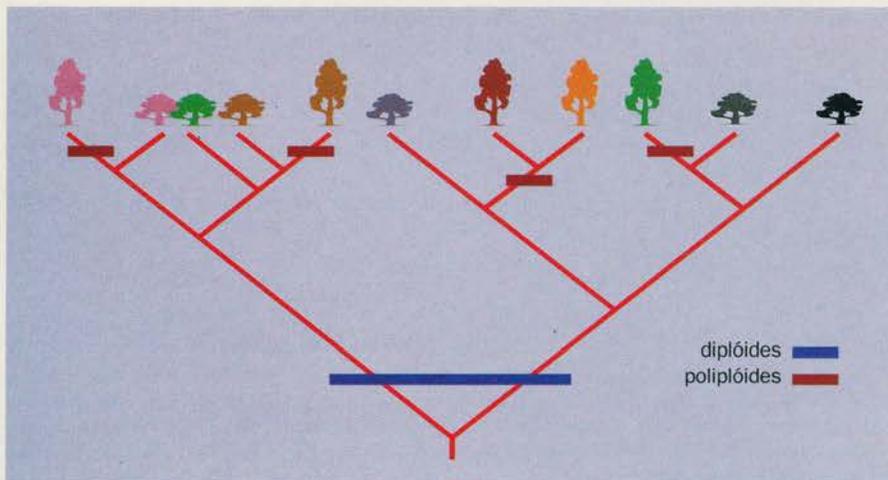


Figura 8. Cladograma simplificado do gênero *Montanoa*. As espécies arbóreas poliplóides aparecem em quatro cladogramas diferentes.

vista da ecologia histórica é o que foi feito com base no gênero de plantas *Montanoa*, da família das compostas. De acordo com pesquisas realizadas pela botânica norte-americana V. Funk, esse gênero possui 30 espécies, 25 das quais são arbustos ou trepadeiras. As cinco restantes são árvores de aproximadamente 30 m de altura. Todas as árvores crescem no México, Guatemala, Costa Rica, Venezuela e Colômbia, em ambiente de selva pluvial e em altitudes superiores às dos ambientes em que se encontram os arbustos e as trepadeiras. Ao estudar o número cromossômico das espécies, verificou-se que as árvores são poliplóides, isto é, seu número cromossômico é múltiplo do número básico.

Analisando a posição filogenética das espécies arbóreas no cladograma do gênero (figura 8), observa-se que aparecem em quatro cladogramas diferentes, sendo os arbustos que vivem em zonas baixas as espécies mais relacionadas com cada uma delas. Com base nesses dados, seria possível supor que a seleção natural atuou em favor das características que permitem a essas árvores viver em ambientes de altitude e de selvas chuvosas. Entretanto, a análise mais detalhada mostra que as espécies arbóreas poliplóides apresentam tecidos condutores de água menos eficientes que as plantas com número cromossômico diplóide ou básico e que, por isso, só

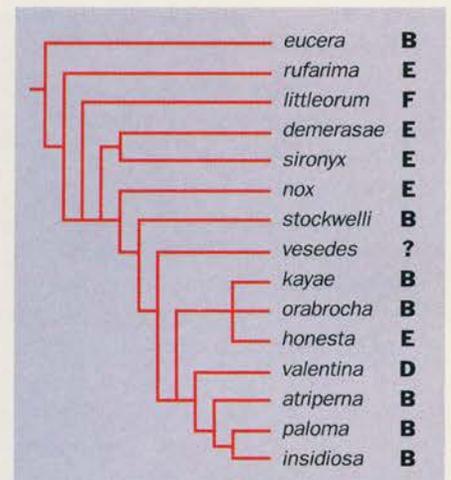


Figura 9. Cladograma de um grupo de espécies do gênero de coleópteros *Agra*. As letras representam as áreas onde se encontram as diversas espécies.

podem sobreviver em habitats muito úmidos, como as selvas, onde permanecem sem se expandir para outros ambientes, justamente por causa dessa ineficiência. Nesse caso, portanto, não se pode falar de seleção natural. Ainda assim, o desenvolvimento independente do hábito arbóreo em quatro grupos monofiléticos indicaria a plasticidade apresentada por essas plantas para produzir poliplóides. Porém sua preferência marcante por certas condições ambientais assinala que, para explicar o surgimento dessas características, as restrições a que foram submetidos os indivíduos durante seu desenvolvimento ontogenético são mais importantes do que a seleção natural.

**a** diversidade biológica se encontra ameaçada pela destruição dos habitats naturais e pela consequente destruição maciça de espécies. O cladismo é chamado a desempenhar um papel preponderante no traçado de estratégias destinadas a valorizar áreas e espécies que devem ser preservadas de modo especial. O número de espécies em extinção é tão alto e os habitats em que elas se encontram são tão diferentes quanto o número de países e suas diferentes necessidades econômicas. Por esse motivo, torna-se impossível preservar todas as espécies e todos os habitats.

As áreas têm sido valorizadas tradicionalmente em termos de riqueza e abundância de espécies; e as espécies, com um enfoque antropocêntrico, por sua importância econômica ou estética. O cladismo oferece uma visão complementar – não alternativa – à tradicional. Desse ponto de vista, as áreas são selecionadas em função da importância evolutiva dos grupos que nelas habitam. Teriam prioridade aquelas que abrigaram grupos evolutivos únicos e representantes de diferentes cladogramas, isto é, as de maior riqueza filogenética. As prioridades, no que diz respeito à conservação de espécies, seriam definidas em função de sua importância filogenética: as espécies 'primitivas', 'basais', do cladograma teriam maior importância, se for necessário optar entre elas e as demais espécies que ele abrange. De acordo com essa linha de pensamento, o entomólogo norte-americano T. Erwin propôs o que chamou de "estratégias de conservação fundamentadas em bases evolutivas". O cladograma da figura 9 mostra um grupo monofilético de espécies do gênero de insetos coleópteros *Agra*. Os nomes das áreas em que cada espécie habita são representados por diferentes letras na parte superior do cladograma. Se fosse preciso assinalar prioridades relacionadas à conservação dessas áreas, 'B' e 'E' teriam um valor maior que as outras, pois nelas se observa a presença de uma espécie basal e de espécies provenientes de diferentes grupos monofiléticos do cladograma.

Em dezembro de 1990, ao receber o Prêmio Nobel de Literatura, dizia Octavio Paz: "A vida em nosso planeta corre sérios riscos. Nosso culto irrefletido ao progres-

so e os próprios avanços de nossa luta para dominar a natureza converteram-se em uma corrida suicida. No momento em que começamos a decifrar os segredos das galáxias e das partículas atômicas, os enigmas da biologia molecular e os da origem da vida, acabamos ferindo a natureza em seu próprio centro". Torna-se paradoxal que, quando dispomos de ferramentas sofisticadas para analisar a diversidade biológica a partir de perspectivas múltiplas, milhares de espécies animais e vegetais estejam desaparecendo da face da Terra.

• *Este artigo foi publicado originalmente em Ciencia Hoy, nº 21, vol. 4. Traduzido para o português por Maria Ignez Duque-Estrada.*

#### Sugestões para leitura

- CRISCI V. e MORRONE J.J. 'En busca del paraíso perdido: la biogeografía histórica', *Ciencia Hoy*, vol. 1, nº 5, pp. 26-34, 1989.
- FUNK V.A. e BROOKS D.R. 'Phylogenetic systematics as the basis of comparative biology', *Smithsonian Contributions to Botany*, vol. 73, pp. 1-45, 1990.
- HENNIG W. *Elementos de una sistemática filogenética*, Eudeba, Buenos Aires, 1968.
- LLORENTE J. 'Algunas ideas de la teoría sistemática contemporánea: conceptos en cladismo', *Ciencias*, vol. 3, pp. 26-39, 1989.
- NELSON G. e PLATNICK N.I. *Systematics and Biogeography: Cladistics and Vicariance*, Columbia University Press, Nova York, 1981.

**Sr. Reitor**  
**Sr. Vice-Reitor**  
**Sr. Pró-Reitor**  
**Sr. Diretor**  
**Sr. Coordenador**  
**Sr. Professor**



**Publiquem no**  
**Jornal da Ciência Hoje**  
**seus editais de concurso**  
**de professor e de**  
**interesse**  
**da comunidade científica.**

**Por duas razões:**  
**sai muito mais barato; e**  
**o público-alvo é atingido**  
**em cheio.**

**Ligue agora mesmo:**  
**( 0 2 1 ) 2 9 5 4 8 4 6**

**Editais mais econômico e**  
**tiro-e-queda é no Jornal da**  
**Ciência Hoje, o jornal do**  
**cientista no Brasil.**

## A universidade e a revisão constitucional

### DEVEM MUDAR AS NORMAS DA CONSTITUIÇÃO SOBRE A UNIVERSIDADE?



Buscando mapear os principais problemas e posições relacionados com a universidade no processo de revisão constitucional, em curso no Congresso Nacional, *Ciência Hoje* ouviu cinco reitores e uma ex-reitora de importantes universidades públicas brasileiras.

As questões formuladas referem-se, sobretudo, aos artigos 206 e 207 da Constituição de 1988.

O artigo 206 reza que o ensino será ministrado com base nos princípios da “igualdade de condições para o acesso e permanência na escola”, “gratuidade do ensino público em estabelecimentos oficiais” e “garantia de padrão de qualidade”.

O artigo 207, por sua vez, estabelece que “as universidades gozam de autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, e obedecerão ao princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão”.

Os entrevistados são, por ordem alfabética: Carlos Vogt, reitor da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), São Paulo; Eliane S. Azevedo, ex-reitora da Universidade Federal da Bahia (UFBA); Flávio Fava de Moraes, reitor da Universidade Estadual de São Paulo (USP); João Cláudio Todorov, reitor da Universidade de Brasília (UnB); Nelson Maculan, reitor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); e Vanessa Guimarães Pinto, reitora da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Seguem-se, após cada pergunta, as respostas de todos os entrevistados.

## O princípio da gratuidade deve ser mantido ou revisto? Por quê?

**Carlos Vogt** – O princípio da gratuidade deve ser mantido. O financiamento dos programas sociais, em especial, educação, saúde e habitação é obrigação inalienável do Estado, sobretudo num país institucionalmente pobre como o Brasil. Por outro lado, o pagamento do ensino superior recairia sobre a classe média assalariada, usuária mais freqüente da universidade pública e não atingiria montante significativo frente aos recursos necessários ao funcionamento pleno de uma instituição universitária completa (ensino, pesquisa e extensão) e de qualidade.

**Eliane S. Azevedo** – Prioritário às questões aqui formuladas por *Ciência Hoje* é importante esclarecer aos leitores que, em princípio, julgo ser inoportuna, antidemocrática e sem legitimidade a realização da revisão constitucional no presente momento. Considerando, todavia, que vem prevalecendo no Congresso o desejo dos que querem a revisão já, a alternativa dos educadores opositores é a firme manifestação em defesa dos artigos que asseguram trato digno às questões da educação. Quanto à gratuidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), essa é a única forma que o país dispõe para impedir totalmente o direito de acesso ao saber em nível universitário a qualquer um que consiga concluir o segundo grau. Acredita ou diz-se acreditar que os mais ricos devem pagar os seus cursos para facilitar a manutenção da gratuidade aos pobres ... é desvario. A história do poder político neste país não revela a credibilidade necessária ao cumprimento honesto de medidas que beneficiam os mais pobres e penalizam os

mais ricos, principalmente, quando o critério para aferir riqueza advém das respectivas declarações de imposto de renda. Quem, honestamente, paga impostos neste Brasil atual além dos assalariados? Assim sou de opinião que o princípio de gratuidade no artigo 206 deva ser mantido e, mais ainda, que nada seja alterado na redação do referido artigo.

**Flávio Fava de Moraes** – A gratuidade do ensino público precisa ser mantida pois deve ser considerada como dever do Estado e direito de cidadania. É o melhor mecanismo para gerar oportunidade aos alunos menos favorecidos economicamente e de prevenir maior elitização nos investimentos educacionais.

**João Cláudio Todorov** – Deve ser mantido. Essa garantia constitucional constitui um suporte para que o país caminhe no sentido da universalização da educação, um dos portões essenciais para o desenvolvimento nacional. Abdicar desse princípio, em um país como o Brasil, seria retrocesso com a permanência e o apro-

fundamento das desigualdades sociais.

**Nelson Maculan** – O princípio da gratuidade deve ser mantido. Caso contrário, teríamos a bitributação dos impostos: os 18% previstos na Constituição são arrecadados de pessoas físicas e jurídicas visando à educação de responsabilidade federal. As universidades federais têm que ser gratuitas: a eterna reclamação de alguns setores da sociedade dizendo que só os filhos dos ricos estudam nas universidades públicas não se justifica. Os ricos pagam mais impostos caso não o façam estaremos diante de um problema de tributação mais justa ou de falta de fiscalização. Dos 25 mil alunos de graduação da UFRJ, 9 mil são de famílias cuja renda mensal não chega a três salários mínimos.

**Vanessa Guimarães Pinto** – Prevista no próprio texto da Carta de 1988, revisão constitucional só faz sentido para aqueles dispositivos que se revelaram, ao longo desses cinco anos, inadequados à realidade ou superados pelos fatos ocorridos desde então. Não é o que ocorre com o ensino superior, mais particularmente com as universidades públicas. No caso destas, os princípios fixados na Carta de 88 mostram-se ainda pertinentes, restando tão-somente sua explicitação em leis complementares, quando for o caso. O princípio da gratuidade do ensino nas escolas oficiais, por exemplo, não deve ser alterado e nem há demanda para sua regulamentação, já que é auto-aplicável.

## Que garantias deveriam ser adotadas para assegurar a permanência dos estudantes nas universidades?

**Carlos Vogt** – Cabe à universidade enxugar suas estruturas de servidores, ampliar a oferta de vagas em cursos noturnos, tomar medidas concretas para diminuir consideravelmente a evasão e a repetência, estabelecer programas de formação e qualificação acadêmica à altura de sua responsabilidade social, tornando a relação custo/benefício positiva e otimizando o uso dos recursos obtidos. O texto constitucional e o governo devem criar as condições e os mecanismos legais que permitam a efetiva arrecadação de tributos e criem incentivos à participação da iniciativa privada no financiamento dos programas sociais.



**Carlos Vogt, reitor da Unicamp.**

**Eliane S. Azevedo** – O ponto fundamental desta questão, tão complexa, resume-se na necessidade da instituição universidade pública brasileira não permitir que no seu interior sejam reproduzidos os mecanismos de injustiça social prevalentes na sociedade em geral. O aluno pobre não tem condições financeiras para aquisição de livros, revistas científicas nacionais e até mesmo cópias xerox. Assim, seu estudo fica na completa dependência do suporte que encontra nas bibliotecas universitárias e, sendo estas fracas em qualidade, não-actualizadas, incompletas e, principalmente, deficientes em quantidade para atender a demanda da graduação, a resultante inevitável é a marginalização acadêmica do estudante pobre. Considero oportuno que cálculos comparativos sejam feitos entre o investimento que a nação perde com os altos índices de alunos não concluintes de curso superior e o investimento que seria necessário para adequar as bibliotecas universitárias à realidade de sua demanda.

**Flávio Fava de Moraes** – A permanência do estudante na universidade pode ser obtida, dentre várias alternativas, pela motivação através da qualidade do curso; do reconhecimento social, político, esportivo etc.; pela flexibilização interna entre diferentes cursos e disciplinas afins; pelo apoio social aos

mais desfavorecidos; pela orientação quanto às opções profissionais que o curso oferece.

**João Cláudio Todorov** – Acredito que a experiência de cada instituição é que deve direcionar a resolução desse problema. É difícil traçar princípios para um modelo único de universidade. O que cada um deve buscar é uma sintonia com as necessidades do desenvolvimento social, cultural e tecnológico do país, definir sua vocação e estar aberta às inovações. Aos estudantes deve ser oferecida uma formação contemporânea que lhes garanta alternativas na escolha profissional e de atuação na sociedade.

**Nelson Maculan** – A permanência dos estudantes nas universidades públicas gratuitas está ligada à excelência e ao aspecto contemporâneo dos cursos, à

qualidade das bibliotecas e às facilidades computacionais. Várias tarefas técnico-administrativas poderiam ser realizadas por estudantes bolsistas evitando assim o grande número de funcionários burocráticos. Para isso é necessário, nas universidades federais, que se possa pagar bolsas a estudantes na rubrica de pessoal. Os estudantes de mestrado e de doutorado, bolsistas da CAPES e do CNPq, poderiam lecionar em troca de uma bolsa complementar oferecida pela universidade, e reduziríamos o número de docentes substitutos e auxiliares. Claro, os programas de bolsistas de iniciação científica, artística e tecnológica, de monitoria etc. deverão continuar. Os cursos noturnos de qualidade são de extrema importância para o desenvolvimento profissional e social daqueles trabalhadores, cuja única possibilidade de estudos universitários só é possível após às 19 horas.

**Vanessa Guimarães Pinto** – Particularmente no que diz respeito à garantia de permanência do aluno na universidade, posso citar o exemplo da Universidade Federal de Minas Gerais, que, ao lado de minucioso trabalho de acompanhamento e monitoramento do ensino de graduação, mantém um programa de assistência a seus alunos, através da Fundação Universitária Mendes Pimentel e de diversos tipos de bolsas, tendo conseguido, com isso, reduzir significativamente a evasão em seu corpo discente. O baixo índice de evasão ostentado hoje pela UFMG é muito raro entre as escolas brasileiras em todos os níveis.

## Como assegurar o almejado padrão de qualidade nas universidades?

**Carlos Vogt** – A implantação de um sistema de avaliação institucional é fundamental como garantia da adequada aplicação dos recursos públicos.

**Eliane S. Azevedo** – A universidade deve propiciar a seus professores, alunos e servidores técnico-administrativos as condições adequadas à aquisição, transmis-



**Eliane S. Azevedo, ex-reitora da UFBA.**



**Flávio Fava de Moraes, reitor da USP.**

são, reformulação e produção do saber. A percepção de quais são essas condições é inerente ao corpo acadêmico de cada universidade. É essa percepção que traduz o potencial de qualidade da instituição. Os dirigentes têm papel fundamental no incentivo à busca da qualidade. Professores, alunos e servidores devem ser guardiães da qualidade, instituindo programas permanentes de auto-avaliação e não permitindo que a competência dos dirigentes seja confundida com desempenho de síndico de prédio. Sem a consciência crítica de seu desempenho nenhuma universidade pode programar seus ajustes de rota em direção à melhoria da qualidade. Destaco a importância das Leis de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) como pilares do cenário educacional no país. O inaceitável adiamento de sua aprovação final só acrescenta malefícios à educação em todos os níveis. Pensar em reformar a Constituição no setor da educação, quando em seis anos nada se estabeleceu sobre a LDB, traduz a histórica negligência do poder político nacional em relação à educação.

**Flávio Fava de Moraes** – A qualidade na universidade está vinculada ao pre-paro pré-universitário dos estudantes, à competência docente, ao apoio funcional, ambiente físico e infra-estrutura indispensáveis para poder cumprir seus obje-

tivos. Salários dignos e apoio na política social são fatores também relevantes.

**João Cláudio Todorov** – A qualidade é um processo e seu aperfeiçoamento passa pela capacidade das pessoas. Ela deve ser perseguida no dia-a-dia do trabalho acadêmico. Cada universidade deve definir seus paradigmas e, através da avaliação permanente, superar suas dificuldades e ousar em suas propostas no campo da experimentação e evitar a rigidez em sua organização estrutural. O investimento em recursos humanos deve ser uma garantia para liberar o potencial criativo da universidade.

**Nelson Maculan** – Para manter-se a

qualidade acadêmica das universidades, a formação de seu corpo docente deve estar sujeita sempre à busca do título de doutor ou da melhor especialização nas áreas em que o doutoramento não tenha sentido. A formação profissional dos técnico-administrativos e sua atualização têm que estar vinculadas à convivência social com os jovens estu-

dantes. Os estudantes são as bases do projeto acadêmico e formam as pontes mais firmes entre a sociedade e a universidade. Os *campus* universitários abertos têm que receber apoio das municipalidades onde estão instalados, para que sirvam de praças de lazer e de integração com a população local.

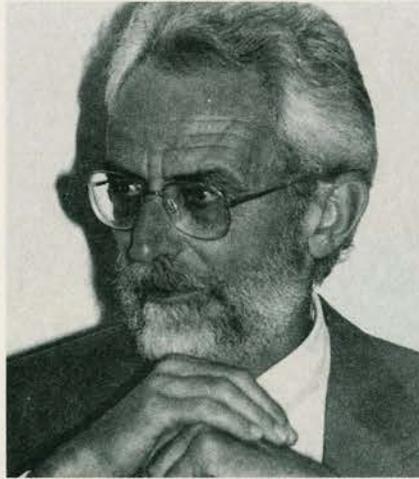
**Vanessa Guimarães Pinto** – Quanto às questões ligadas à “igualdade de condições para o acesso e permanência na escola” e “garantia de padrão de qualidade”, inseridas no artigo 206, acredito que mais do que norma constitucional, elas devem ser objeto de prática institucional, com a adoção de iniciativas que as tornem realidade.

## O artigo 207 da Constituição deve permanecer como está ou deve ser revisto? Por quê?

**Carlos Vogt** – O dispositivo que trata da autonomia das universidades não só deve permanecer no texto constitucional,

como o executivo e o legislativo devem estabelecer os dispositivos legais que regerão este princípio, do ponto de vista

orçamentário e dos critérios de avaliação das instituições. O exemplo das universidades estaduais paulistas, com autonomia de gestão financeira desde 1989, que vinculou os orçamentos a percentuais da arrecadação do ICMS, é significativo, pois permitiu o estabelecimento de critérios próprios de administração, avaliação e eficiência.



João Cláudio Todorov, reitor da UnB.



Nelson Maculan, reitor da UFRJ.

Como consequência, houve expansão das atividades da Unicamp, medida por todos os indicadores disponíveis.

**Eliane S. Azevedo** – O artigo 207 deverá permanecer como está. Os problemas que o ensino superior enfrenta não decorrem do conteúdo nem da forma desse artigo, mas da sua falta de regulamentação.

**Flávio Fava de Moraes** – Deve permanecer inalterado quanto ao alcance da autonomia. Também considero adequado o princípio da indissociabilidade entre ensino/pesquisa/extensão que, entretanto, não deve ser mandatório para todas as universidades brasileiras no estágio atual. Esse princípio, portanto, deve ser mantido mas com redação modificada que permita adequação compatível com casos peculiares.

**João Cláudio Todorov** – Deve-se manter o princípio da autonomia, principal instrumento na organização de cada universidade. A autonomia garante a definição de seus objetivos sociais e delimita suas relações com o Estado e os governos. O princípio da indissociabilidade do ensino, pesquisa e extensão é dispensável como garantia constitucional. Talvez fosse melhor que essa definição fosse mais explicitada nos estatutos de

cada universidade ou em outros textos legais que definissem os critérios necessários para que uma instituição de ensino superior recebesse o *status* de universidade. Deve também ficar mais claro que a autonomia universitária incluirá a garantia de recursos orçamentários e a sua gestão, sem o que não se pode

exercer a autonomia acadêmica.

**Vanessa Guimarães Pinto** – O artigo 207, em sua essência, também não é passível de revisão, mesmo porque a autonomia que ele garante sequer se transformou em realidade para as universidades públicas.

## Que diretrizes essenciais devem nortear a regulamentação do artigo 207 da Constituição?

**Eliane S. Azevedo** – A indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão assegura o caráter universitário da instituição diferenciando-a de uma escola de segundo grau. Assim, é imperioso que a universidade possa gerir com autonomia o conjunto de suas atividades. Atualmente, os recursos alocados às IFES não são suficientes sequer para gerir adequadamente o ensino de graduação. Conseqüentemente, a pes-

quisa e a extensão tramitam na dependência de recursos de outra ordem e quase sempre dissociados dos interesses maiores da graduação.

**Flávio Fava de Moraes** – Como uma das diretrizes essenciais para a valorização da autonomia exemplifico a indexação tributária obtida pelas Universidades Estaduais de São Paulo (USP, Unicamp, Unesp).

**João Cláudio Todorov** – O respeito à pluralidade. Deve ser evitada a tendência de um modelo único de universidade no país, tanto em seus objetivos quanto na organização estrutural do trabalho acadêmico. Estabelecimento de uma carreira docente mínima em nível nacional e autonomia para que cada universidade adote formas próprias para organização de seus planos de cargos e salários. A isonomia total é contrária ao exercício da autonomia e limita a exploração das potencialidades da universidade.

**Nelson Maculan** – A autonomia de gestão financeira para as universidades federais deverá estabelecer quantitativos a partir dos 18% para a educação que vão anualmente para o Ministério de Educação. Cada universidade federal teria seu índice de acordo com seu tamanho, sua produção acadêmica, sua capacitação para pesquisa etc. Essa autonomia deve ser estendida também às Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) que não sejam universidades, como, por exemplo, a Escola Paulista de Medicina

e os CEFET's. Cabe também desvincular os currículos dos cursos profissionais das universidades que fazem pesquisa das exigências dos conselhos regionais profissionais, alguns dos quais estão ainda no século XIX!

**Vanessa Guimarães**

**Pinto** – Eventuais acréscimos à Carta ou mesmo sua regulamentação por Lei Complementar devem preservar o espírito com que se redigiu a própria Constituição, qual seja, o de que as instituições precisam ter autonomia para definir e executar suas políticas, sempre conscientes de que trabalham para o bem público e com recursos públicos e que estão, portanto, sujeitas à fiscalização da sociedade.



Vanessa Guimarães Pinto, reitora da UFMG.

É inaceitável que a educação no país continue sem sua LDB (Lei de Diretrizes e Bases) e que as regulamentações referidas acima continuem negligenciadas.

**Flávio Fava de Moraes**

– O estabelecimento de percentual mínimo de vagas no sistema público gratuito em função do número

total de vagas autorizadas para todo o ensino de terceiro grau – o índice pode ser definido por cidade, região, estado ou país, após ampla e criteriosa análise da questão. Idem para a proporção de vagas de curso noturno em relação ao diurno. O índice de 30% do total de vagas já é garantido para o curso noturno nas universidades públicas paulistas pela Constituição do estado.

**João Cláudio Todorov** – Eliminar a restrição em relação à contratação de professores estrangeiros. A eles devem ser concedidos todos direitos e deveres do corpo docente da instituição.

**Nelson Maculan** – 1) Acabar com a restrição que impede os estrangeiros de poderem fazer parte do quadro de docentes e do quadro técnico-administrativos das IFES e dos institutos de pesquisa ou afiliados federais; 2) Reservar 20% das vagas de vestibular, para todos os cursos, aos estudantes oriundos de escolas públicas do segundo grau.

## Que outras questões merecem destaque na revisão constitucional com relação à universidade?

**Carlos Vogt** – A revisão constitucional deveria preocupar-se em estabelecer condições para que as universidades pudessem contar com a possibilidade de contratação e a manutenção nos seus quadros de professores estrangeiros, viabilizando o intercâmbio de conhecimentos de forma mais eficiente e abrangente. Outros dois pontos mere-

ceriam atenção, no sentido de criar as condições para a implantação do sistema de autonomia de gestão financeira e estabelecimento da obrigatoriedade da avaliação dos órgãos públicos.

**Eliane S. Azevedo** – É fundamental que os artigos pertinentes à educação não sejam alterados na sua forma e conteúdo.

Próximo debate de  
Ciência Hoje:  
**Bioética**

# COMO USAR A BIODIVERSIDADE SEM DETERIORAR A FLORESTA?

Os países detentores de grande diversidade florestal vivem hoje um dilema. Forçados a assumir a responsabilidade pela preservação da biodiversidade, precisam ao mesmo tempo de recursos para alimentar sua população crescente e socorrer a economia em colapso. Muitos deles colocam o desenvolvimento a curto prazo como prioridade, mesmo acreditando no valor, a longo prazo, da floresta tropical. Alguns agrônomos consideram desenvolvimento sinônimo de baixa diversidade e tentam substituir diversificados ecossistemas naturais por monoculturas, como milho ou arroz: a chamada 'Revolução Verde'. Para os ecologistas, isso é um desastre irremediável, pois as monoculturas dependem de fertilização maciça e exigem um investimento praticamente impossível para os pequenos produtores rurais. Esse trabalho focaliza uma alternativa baseada nas chamadas reservas extrativistas. O valor econômico direto da diversidade da floresta pode ser maior que o da madeira, o ponto-chave é como conciliar biodiversidade e desenvolvimento.

**Al Gentry\***

*Jardim Botânico do Missouri (EUA)*

• • • • •

**Recorde.** As florestas tropicais cobrem talvez 7% da superfície da Terra, mas contêm maior número de espécies do que qualquer outra região natural. O recorde atual cabe à Amazônia peruana: em um hectare de floresta com 600 árvores, cujo diâmetro de tronco é superior a 10 cm, existem pelo menos 300 espécies. Nas mais ricas florestas das zonas temperadas, a mesma área não conterá mais do que 20 espécies.

Uma importante causa da grande diversidade de espécies vegetais nas florestas tropicais é a marcante especialização de habitat. Em torno de Iquitos (Peru) há diferentes tipos de flora, em solo laterítico, em solo de areia branca, em solo aluvial não inundado e em áreas alagadas por rios de água transparente e rios de água escura. As florestas desses cinco substratos são especialmente ricas em espécies: todas contêm cerca de 200 espécies com mais de 2,5 cm de diâmetro de tronco por hectare. As mesmas famílias e gêneros estão presentes nesses cinco tipos de florestas mas são representados por diferentes espécies, cada qual especializada num habitat particular.

Um segundo tema importante do ponto de vista da evolução é a especiação explosiva de certos gêneros de ervas,

epífitas e arbustos nos Andes setentrionais e nas florestas de neblina ao sul da América Central. As evidências sugerem que a especiação desta categoria taxonômica é muito rápida, ocorrendo provavelmente em apenas algumas décadas. Além disso, endemismos locais extremamente altos resultarão dessa especiação explosiva, com algumas comunidades individuais isoladas ao longo das vertentes dos Andes.

**Mercado.** Para as frutas, muitas com deliciosos sabores característicos, pode-se imaginar que existe um mercado potencial ainda maior fora da Amazônia. Em Iquitos, 139 das 193 espécies de frutas consumidas pela população são silvestres, e 57 espécies dessas frutas silvestres, de 24 famílias, são vendidas no mercado municipal. Frutas de nada menos de 39 famílias são consumidas, 34 das quais incluem espécies silvestres, o que significa uma impressionante diversidade taxonômica.

Algumas espécies silvestres como *Couma macrocarpa*, *Porouma cecropiifolia* e *Grias neubertii* começaram a ser cultivadas. De especial importância são as palmeiras, como *Maurícia*, cujos frutos são comuns na dieta dos habitantes

\* Este foi um dos últimos trabalhos do dr. Al Gentry que faleceu num desastre aéreo, em 3 de agosto de 1993, quando realizava trabalhos de campo no Equador. Al Gentry foi um dos principais responsáveis pela grande divulgação da biologia tropical e da conservação e uso sustentado da biodiversidade tropical, em particular da região amazônica. Como botânico, foi autor de estudos fundamentais na sistemática e na ecologia das plantas tropicais e de seus usos pelas populações locais. Como diretor do Missouri Botanical Garden, Al Gentry incentivou diversos projetos conjuntos entre sua instituição e várias outras da América Latina, propiciando e fomentando a formação de muitos cientistas latino-americanos em biologia tropical. A perda prematura de Al Gentry é irreparável, porém sua obra inspirará por muitos anos ainda as pesquisas em biologia tropical.

e também usados na fabricação de um delicioso sorvete. As frutas significam uma parte substancial da receita dos camponeses de Iquitos. Aliás, as atividades agroflorestais e a comercialização de frutas constituem a receita mais importante para grande parte da Amazônia peruana.

Muitas dessas espécies comestíveis podem ser ainda desconhecidas para os habitantes. Portanto, o interessado no uso de novas espécies não pode se limitar ao que é consumido pela população local, embora esse conhecimento seja um passo inicial muito útil. É preciso também recorrer aos inventários florísticos, que podem ajudar a catalogar as plantas de acordo, por exemplo, com o solo que mais lhes convém.

Mas o valor econômico potencial da alta diversidade da floresta amazônica pode ser comprovado de modo ainda mais direto. Num único hectare de floresta perto de Mishana, no rio Nanay, Peru, que contém 289 espécies entre 858 árvores e lianas com mais de 10 cm de tronco, 454 dessas árvores têm uso atual ou potencial. No estudo realizado com Peters em 1989, calculamos o lucro anual obtido a partir de 72 espécies frutíferas e 350 árvores individuais das quais se obtêm produtos vendidos no mercado de Iquitos. Onze das espécies produzem frutos comestíveis, 60 produzem madeira comercial e uma, *Hevea guianensis*, produz borracha.

Esse hectare de floresta, como um todo, produz por ano 650 dólares de frutas e 50 dólares de borracha. Há 93 metros cúbicos de madeira comercializável valendo 1.000 dólares, com uma capacidade máxima de extração auto-sustentada que avaliamos em 30 metros cúbicos por hectare a cada 20 anos. Se cortada num ciclo de 20 anos, a madeira dará recursos auto-sustentados da ordem de 310 dólares por ciclo. Com isso, podemos calcular em nove mil dólares o valor atual líquido (NPV = *Net Present Value*) por hectare de floresta rica em espécies; se descontarmos 25% dos frutos, para regeneração futura, teremos um valor atual, calculado por baixo, de 6.330 dólares por hectare.

Dessa forma, o valor da floresta intac-

ta é duas ou três vezes maior do que o obtido por meio de outros procedimentos, como pastagens para gado (NPV = 2.960) ou agricultura extensiva (NPV = 3.184). Além disso, para áreas arenosas como as de Mishana, os valores de pastagens e agricultura devem ser ainda mais baixos. Nosso cálculo certamente subestima o verdadeiro valor da floresta, porque apenas plantas com diâmetro de tronco superior a 10 cm foram consideradas. Muitas espécies menores também têm valor comercial. Por exemplo, uma das principais indústrias em Mishana tem como base as folhas de *Lepidocaryum tessmannii*, vendidas em Iquitos para cobrir casas. As frutas da delgada palmeira *Scheelea plowmanii* são outro exemplo, bem como as fibras de várias lianas.

Na floresta intacta encontram-se várias plantas produtoras de amido. Yuca (*Manihot*) conhecida desde a época pré-hispânica, é um componente natural da floresta tropical, assim como 'yam' (*Dioscorea*) e especula-se que a árvore *Brosimum alicastrum* ('ramon') possa ter desempenhado papel fundamental como alimento para a civilização maia. Esta e outras espécies de *Brosimum* são componentes comuns da floresta amazônica, embora não sejam consumidas localmente e por isso não tenham sido incluídas em nossa avaliação do hectare de Mishana.

Produtos não comestíveis também são valiosos. A complexa interação entre as plantas e os animais resultou numa espécie de 'corrida armamentista' co-evolucionária, com a produção de agentes químicos biologicamente ativos. Muitos desses componentes químicos têm uso medicinal. Farnsworth estimou que 1/4 dos medicamentos receitados nos EUA contêm princípios ativos derivados de plantas, na maioria tropicais. Bom exemplo é o curare, extraído de *Chondrodendron tomentosum*, cujas propriedades como relaxante muscular são aproveitadas pela moderna cirurgia, sem que até hoje se tenha obtido uma síntese dessa droga com as propriedades da planta original. Essas plantas de uso medicinal costumam ser trepadeiras e ervas cuja colheita não causa o mínimo dano ao meio ambiente.

As fibras são outro importante produto não madeireiro das florestas tropicais. Embora seu valor possa não ser tão óbvio, Myers observa que o *rattan* tornou-se para o sudoeste asiático o produto de exportação mais valioso após a madeira. Nos trópicos, uma palmeira pouco conhecida, *Desmoncus*, tem características semelhantes, sendo suas fibras usadas na fabricação de cestas pelos índios. Em Iquitos já existe uma indústria de fibras baseada nas raízes aéreas de *Philodendron solimoensis* (Aráceas), por muito tempo usada no artesanato local. As hastes de várias outras monocotiledôneas, como *Ischnosiphon* (Marantáceas) e *Heteropsis* (Aráceas) também são utilizadas, com grandes possibilidades de exportação. Muitas dessas fibras ocorrem naturalmente na floresta secundária, um habitat cada vez mais comum, e seu aproveitamento poderia ajudar a reduzir a pressão sobre a floresta primária.

Os produtos não-madeireiros da floresta tropical já constituem uma importante fonte de lucro, como observa Peters. Em Mishana, 50% da renda média local deriva de produtos coletados na floresta. Comunidades extrativistas na ilha de Combu, no estuário do Amazonas, têm uma renda anual de 2.733 dólares com a coleta de frutos da palmeira *Euterpe*, cacau, borracha. Coletores no Maranhão obtêm cerca de 30% de sua renda com a venda de produtos da palmeira babaçu, e em certos meses essa atividade extrativa responde por 41% de seu ganho total. Os seringueiros no Acre recebem entre 960 a 1.500 dólares por ano vendendo borracha e castanha-do-pará e 44% de suas comunidades têm uma renda de cerca de 680 dólares.

Finalmente, vale a pena notar que as florestas tropicais constituem o sistema mundial mais produtivo na conversão da energia solar em hidrocarbonetos, dos quais a humanidade tanto depende. As regiões tropicais representam talvez 30% da capacidade de fixação do carbono na Terra, e armazenam cerca da metade do carbono do planeta. Talvez a produção de energia possa ser parte de um sistema auto-sustentado de utilização das florestas tropicais. Por exemplo, um genótipo

de trepadeiras cucurbitáceas (*Fevillea*) tem sementes mais ricas em óleo que qualquer outra dicotiledônea, tão ricas que os índios Campas, da Amazônia peruana, as queimam como velas. Em trabalho com Wettach, em 1986, calculamos que, se as lianas fossem substituídas por *Fevillea* e continuassem a produzir óleo na mesma proporção, a floresta poderia produzir tanto óleo por hectare quanto qualquer plantação para produção de óleo já existente.

**Espécies.** Nosso conhecimento sobre as espécies que compõem as florestas tropicais, e mais ainda sobre o seu aproveitamento, permanece extremamente rudimentar. A grande maioria das espécies ainda nem tem nome. No que diz respeito à flora, mesmo sendo mais conhecida

**Embora se conheça mais a flora do que outros grupos, como os insetos, estimamos que cerca de 10 mil espécies de plantas vasculares ainda não foram sequer descritas.**

madeira mais procurada no litoral de floresta úmida do Equador, encontrava-se praticamente extinta quando foi descrita, com base em menos de uma dúzia de exemplares adultos preservados na floresta do rio Palenque. Originalmente descrita como uma espécie anômala de *Persea*, comprovou-se mais tarde ser aparentada com o genótipo asiático segregado *Caryodaphnopsis*, que então se desconhecia ocorrer também no



que insetos e outros grupos, estimamos que talvez 10 mil espécies de plantas vasculares neotropicais ainda não tenham sido descritas. Quando fizemos a descrição da vegetação do rio Palenque, no Equador ocidental, com Dodson (1978), descobrimos quase 100 espécies novas para a ciência. Sabemos, também, que faixas de terra insignificantes, ao longo das colinas andinas da Colômbia e do Equador ocidentais, contêm pelo menos 100 espécies vegetais localmente endêmicas; se isso for uma propriedade geral de áreas semi-isoladas de floresta tropical de altitude, então haverá milhares de espécies de plantas endêmicas ainda para serem descobertas ao longo das escarpas dos Andes.

Alguma coisa, porém, conhecemos sobre os usos potenciais dessas plantas endêmicas. Boa amostra é *Caryodaphnopsis theobromifolia*. Por ter sido a

hemisfério ocidental. Recentemente, descobriu-se que *C. theobromifolia* ocorria também na ilha Górgona, Colômbia. Como no Equador, as espécies amadureceram na Górgona sem serem 'descobertas' oficialmente; parece que hoje resta ali apenas um exemplar. Não a descobrimos nas áreas intermediárias, onde o habitat apropriado foi quase todo destruído, e suspeitamos que as poucas árvores sobreviventes no rio e a única restante na ilha são tudo o que dela sobrou. Oito novas espécies adicionais de *Caryodaphnopsis* foram depois descobertas, duas no vale do rio Madalena, na Colômbia, uma na Costa Rica, as demais na alta Amazônia. *Caryodaphnopsis* agora foi convertida num genótipo sul-americano com uma 'perna' asiática! Algumas dessas novas espécies são abundantes em certos locais e todas são árvores grandes com madeira semelhante à de *C.*

*theobromifolia*. Sem dúvida elas têm alto valor potencial como madeira, da mesma forma que tiveram as espécies equatorianas.

Esses não são exemplos isolados, nem restritos à Amazônia. Várias das novas espécies que descrevi recentemente na região do Choco colombiano têm valor econômico: *Passiflora caudata* (Passifloreáceas) produz frutos comestíveis; *Desmoncus cirrbiferus* (Palmáceas) é uma

fibra apreciada pelos índios Choco e muitas outras endêmicas descritas nos últimos anos também. Têm polpa comestível: *Patinoa almirajo* (Bombáceas), *Theobromastipulatum* (Esterculiáceas), *Parmentiera stenocarpa*. *Pochota patinoi* tem sementes que produzem farinha; as sementes de várias espécies de *Compsonaura* (Miristicáceas) são

comidas cozidas; de *Borojoa patinoi* (Rubiáceas), que nos últimos anos tem ganho reputação na Colômbia por suas propriedades afrodisíacas, faz-se um delicioso refresco.

Até uma planta ornamental como *Anthurium andreanum* (Aráceas), endêmica nas elevações médias da fronteira Colômbia-Ecuador, pode ter importância econômica. Para os índios Quaiquer, que vivem abaixo de La Planada, por muitos anos no comércio de plantas nativas, ela é uma das maiores fontes de renda. Esta epífita amplamente cultivada só muito recentemente foi coletada em ambiente natural pela segunda vez.

**Projeto.** Talvez porque o conhecimento convencional, nesse campo, tenha evoluído tão pouco, o apoio ao desenvolvimento de esquemas para uso racional dos produtos nativos da floresta também é pequeno.

Uma abordagem promissora com vistas ao manejo auto-sustentado da floresta é o projeto Pichis-Palcazu, na Amazônia peruana, que se esforça para reproduzir a sucessão dos processos naturais. A floresta é plantada em faixas estreitas e subsequentemente deixada em repouso, para se regenerar naturalmente. Nesse projeto-modelo, apenas espécies mais importantes de madeira são retiradas, sendo os troncos mais grossos convertidos em postes telefônicos, os pequenos em mourões de cercas e os ramos em carvão. Esse método significa um grande avanço em relação ao modo de exploração existente, e a longo prazo permite um manejo auto-sustentado. Contudo, o valor específico de espécies individuais para funções específicas é sacrificado.

Na região do Choco colombiano, desenvol-

veu-se um processo de transformação da floresta de terras baixas em pasta de papel, num sistema também auto-sustentado, mas em escala muito maior. Considerado favorável, do ponto de vista ambiental, pelos EUA, mas não pelos conservacionistas colombianos, o processo envolve o desmatamento de amplas áreas e remoção de galhos, deixando-se as árvores rebrotarem no próprio lugar. Espera-se que, após uma rotação de 30 anos, a floresta recupere suficiente biomassa para nova colheita. Embora o valor comercial alcançado seja muito baixo para a floresta como um todo, o processo é claramente preferível ao ciclo tradicional de abate, em que após alguns anos de coleta a terra é abandonada.

A chave para uma utilização ótima da alta biodiversidade das florestas tropicais talvez esteja no alto valor de cada espécie

individual para usos específicos. Os obstáculos parecem ser predominantemente políticos e econômicos. Será ingenuidade imaginar que as florestas mais ricas da Terra sejam também excepcionalmente ricas em produtos de alto valor? Sem dúvida, há possibilidade de desenvolver mercados para novos tipos de frutas, como demonstram os altos preços hoje alcançados pelo 'borojo' colombiano. A exportação dos frutos da *Mauritia* (Aguaje)



de mercados para outras espécies de *Theobroma* adaptadas a ambientes marginais?

Uma última advertência: a coleta de produtos silvestres de propriedade comum deve ser objeto de rígido controle social ou legal, caso não venha a constituir uma estratégia de desenvolvimento viável. De outra forma, interesses ambiciosos destruirão a base de recursos. A eliminação de *Ceiba pentandra* da maior parte da

Amazônia peruana na última década é um exemplo do que pode acontecer. Atualmente, *Mauritia flexuosa* está sofrendo processo semelhante, e as árvores fêmeas, produtoras de frutos, não mais são encontradas nas proximidades dos centros urbanos.

Se a atual tendência persistir, tudo indica que essa riqueza em pouco tempo se

**Persistindo a atual tendência, tudo indica que essa riqueza em pouco tempo se perderá. Não existe prova de que seja possível restaurar uma floresta tropical que tenha sido devastada.**

de Iquitos para o Japão começou recentemente. Se o insípido *kiwi* australiano pôde conquistar o mercado mundial graças à publicidade bem planejada, as deliciosas frutas da floresta tropical encontrarão toda a facilidade para serem comercializadas internacionalmente.

Outro ponto a ser explorado vem da alta diversidade de habitats intermediários na Amazônia. Por que não procurar novos produtos a partir de espécies adaptadas aos rigores de tipos específicos de substrato, em lugar de tentar converter toda a Amazônia numa gigantesca monocultura de óleo de palma ou cedro espanhol? Por que não substituir pela *Jessenia*, adaptada a solo pobre, a *Elais*, que exige solo fértil? Ou usar a *Cedrelinga*, também de solo pobre, em vez da *Cedrela*? Em lugar de cultivar a exigente *Theobroma cacao* em condições inadequadas, por que não incentivar o desenvolvimento

perderá. E uma vez perdida, estará perdida para sempre. Não existe uma única prova de que a floresta tropical possa ser restaurada depois que uma grande parte dela foi devastada. Talvez só precisemos de uma nova perspectiva e de uma abordagem diferente da questão do desenvolvimento. Florestas tão ricas quanto as do Choco e da alta Amazônia são verdadeiros tesouros naturais. Queimá-las é o mesmo que destruir a maior biblioteca de história natural do mundo. E isso é especialmente trágico hoje, quando a engenharia genética oferece possibilidades ímpares para o desenvolvimento de novos produtos ou para incrementar a produção de outros mais antigos. Mas essas técnicas não criam novos genes, só fazem novas combinações com genes pré-existentes. E uma vez que a maior parte das espécies está nos trópicos, o maior número de genes também está.

# BIOTECNOLOGIA LEVADA A SÉRIO

**Este texto deve atingir grande repercussão. Ele permite, como diz o próprio autor, “estimar a magnitude de nossa desgraça”. Desgraça do mundo periférico.**

**Dos países que só sabem exportar grãos, frutas, suco de laranja, baunilha, café, cacau – “mercadorias baratas e triviais”. Um quilo de frutas custa 1 dólar. Um quilo de baunilha, 70 dólares. Enquanto isso, um quilo de TPA custa 22 milhões de dólares. TPA, droga-chave criada pela Genentech para tratamento de problemas cardiovasculares, é indispensável, tem mercado universal e altíssimo valor agregado. A Genentech, fundada por professores universitários nos EUA, representa a aplicação do talento científico e da capacidade de inovação tecnológica na criação de drogas de consumo quase obrigatório. Ela acabou comprada por transnacional suíça por 6,4 bilhões de dólares. É o caminho da biotecnologia levada a sério. Vai das supercriativas “butiques de pesquisa” aos multimilionários projetos genômicos. E marca o controle das grandes corporações dos países centrais sobre as indústrias moleculares. Como reverter tal “desgraça”? O autor não diz. Mas o desafio fica.**

**Daniel Goldstein\***

*Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade de Buenos Aires.*

**Os Projetos Genômicos** (PGs) são programas norte-americanos estratégicos, destinados a gerar tecnologia, informação, conhecimento e idéias para alimentar as indústrias moleculares no século XXI: indústrias química, de química fina, farmacológica, de sementes, de alimentação e agroindústria. Esses grandes empreendimentos – só o Projeto Genoma Humano (PGH) tem orçamento de 3 bilhões de dólares – são inteiramente financiados por orçamentos federais, dirigidos à promoção da pesquisa científica em universidades de alto nível. Os resultados dos PGs são e serão usufruídos exclusivamente pelos principais países participantes.

Os fundos federais aplicados nesses programas internacionais provêm do erário público (dinheiro das contribuições compulsórias). Logo, a pesquisa científica e tecnológica dos PGs é paga por toda população. Os contribuintes serão beneficiados pelas melhorias significativas da qualidade de vida resultantes desses projetos – que deverão incluir tanto inovações terapêuticas revolucionárias e melhores produtos de uso cotidiano, como indústrias menos poluentes e a possibilidade de melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Os benefícios econômicos serão recebidos exclusivamente pelas corporações transnacionais dos países que controlam as indústrias moleculares de ponta. Essas corporações se apropriam de forma sistemática e completa dos resultados científicos e tecnológicos, obtidos através de subsídios federais, e os transformam em

produtos e práticas de valor comercial. A competição entre os diferentes grupos econômicos está baseada, principalmente, na capacidade de transformar esses conhecimentos, idéias e tecnologias em novos produtos de alto valor agregado, cuja comercialização eles controlam com rigor, tanto nos mercados já existentes, quanto nos que venham a ser criados.

**Os dois principais projetos** genômicos, são o PGH, destinado a estabelecer a estrutura química da totalidade dos genes do *Homo sapiens*, e o da *Arabidopsis thaliana*, pequena planta de crescimento rápido e de poucos genes, o grande modelo da fisiologia e da genética vegetais. O PGH incorpora, por sua vez, o programa que estuda o genoma de *Caenorhabditis elegans*, verme que tem um milímetro de comprimento, mil células (300 das quais são neurônios), e que constitui o modelo mais importante de toda a biologia. O *C. elegans* permite uma abordagem genética, bioquímica e estrutural dos três problemas fundamentais da biologia: o desenvolvimento embrionário, a aprendizagem e a memória.

Quase todos os genes e funções que se descobrem em um desses três sistemas modelos (o ser humano, a planta e o verme) são encontrados, por sua vez, no *Homo sapiens* e nos animais e plantas importantes economicamente.

Dessa forma, mais uma vez se comprova a unidade da biologia: proteínas de membrana presentes na movimentação de íons e descobertas na *A. thaliana* são encontradas nas células animais e de-

semprenham um papel-chave na fisiologia e na fisiopatologia cardíaca do ser humano. Os PGs de *C. elegans* e de *A. thaliana* aceleram o descobrimento de estruturas genéticas e bioquímicas envolvidas com o desenvolvimento embriológico, as comunicações intercelulares do adulto (incluindo a neurobiologia), as interações com o meio (aprendizagem, enfermidade e resistência a doenças) e o envelhecimento de todos os organismos biológicos conhecidos, importantes econômica e socialmente (incluindo o *Homo sapiens*).

**O PGH é plano estratégico**, explícita e deliberadamente voltado para a geração de tecnologia de ponta. Essa tecnologia envolve a análise química do material hereditário e o desenvolvimento de métodos computacionais e matemáticos para armazenamento, utilização e controle de qualidade da informação coletada. Isto é, conhecer a química da estrutura de genes individuais é só uma parte – a rigor, a menor – dos objetivos do PGH. O fundamental é gerar tecnologias química, genética, matemática e computacional para obter, filtrar e utilizar a informação.

Essas tecnologias de análise e controle de qualidade são imprescindíveis para o rápido e eficiente descobrimento de genes úteis e dos produtos de expressão. Elas não apenas são "patenteáveis" ou "apropriáveis" – quer dizer, estão amparadas por patentes e segredo comercial –, como também têm significado estratégico, razão pela qual seus modelos mais avançados e eficientes não estão, nem estarão à venda.

As tecnologias derivadas do PGH são instrumentos-chave para a supremacia industrial e comercial das grandes corporações dos países centrais (especialmente Estados Unidos, Grã-Bretanha e Suíça) que controlam as indústrias moleculares. Os setores industriais de química, farmacologia, sementes e agroquímica dos países centrais são sobretudo transnacionais e, independentemente do país onde se encontram as sedes, todas as corporações concentram grande parte (se não a maior) de suas atividades de pesquisa básica e de seus investimentos em ciência e tecnologia de ponta em univer-

sidades e institutos de pesquisa norte-americanos.

Em outras palavras, as tecnologias emergentes do PGH estão e deverão continuar tão fora do alcance dos países de periferia, como estiveram (e estão) os supercomputadores, as pesquisas internacionais de ponta sobre a estrutura da matéria e as tecnologias aeroespaciais e nucleares avançadas.

O descobrimento de um novo gene e a identificação dos seus produtos de expressão são apenas o passo inicial – necessário, mas insuficiente – para se criar produtos e processos socialmente úteis. Entre o descobrimento de um gene, a identificação dos seus produtos de expressão e a sua exploração industrial, está o caminho mais longo, interessante e difícil de ser percorrido: um programa científico consciente de suas funções, capaz de modificá-las e de utilizá-las na solução de problemas práticos e na abertura de novos caminhos tecnológicos.

**Já existem exemplos notáveis** dessa realidade. O descobrimento do gene cuja mutação causa a fibrose cística – a genopatía mais comum nas pessoas de origem nórdica – permitiu a identificação de seu produto de expressão: uma proteína que funciona como canal especializado no transporte de cloro através da membrana celular. Há poucos meses da descoberta do gene e de sua proteína, uma surpresa: o canal está envolvido em mecanismos neuronais de importância fundamental nos processos que regulam a aprendizagem e a memória. Porém, as revelações não acabam aí: a epidemiologia genética – mediante a análise maciça da população norte-americana e européia – indica que nem todas as mutações deste gene têm o mesmo significado patológico. Mutações que em certas pessoas causam a doença, não determinam o fenômeno patológico em outras.

Assim, o descobrimento de genes e de seus produtos de expressão na saúde e na enfermidade não termina com o problema, mas suscita uma forma de pesquisa necessária para compreender sua função fisiológica e seu papel fisiopatológico. Por sua vez, essa compreensão é o ponto

de partida para o desenho de moléculas e procedimentos destinados a controlar a função dos genes e de seus produtos de expressão, tanto na saúde como na doença.

O exemplo da fibrose cística demonstra também a capacidade revolucionária da informação derivada dos PGs: é evidente que o conceito mendeliano do gene único, responsável por fenótipos determinados, é anacrônico (uma simplificação trivial) que só tem importância histórica.

**Resumindo**, o PGH é plano estratégico de desenvolvimento tecnológico, e a informação daí decorrente é o ponto de partida para a realização de trabalho verdadeiramente revolucionário de pesquisa básica. Sem isso, tal conhecimento não tem valor. Sem pesquisa universitária de ponta, sem *research boutiques* (boutiques de pesquisa) dedicadas a abrir novos caminhos tecnológicos, e sem um setor industrial culto, agressivo e intensamente competitivo, não existe possibilidade de transformar os resultados dos PGs em produtos comerciais competitivos.

Um setor industrial com essas características é aquele que desenvolve programas de pesquisa nos laboratórios das corporações e que está capacitado para realizar a leitura crítica das fronteiras científicas em contínua expansão, que recruta os cientistas e as instituições científicas-chave – onde quer que se encontrem – para apropriar-se dos resultados estratégicos surgidos.

As potencialidades tecnológicas e econômicas dos PGs se tornam realidade nos laboratórios de biologia molecular industrial das *research boutiques* e das grandes corporações. É lá que se faz a biotecnologia levada a sério (BLS), uma atividade científico-industrial que nada tem a ver com a pseudobiotecnologia da periferia.

**A pseudobiotecnologia** do mundo periférico copia grosseiramente alguns produtos biotecnológicos de primeira geração, que se destinam a minúsculos mercados cativos, gerados pelo protecionismo. Esses produtos estão condenados a serem

substituídos por produtos biotecnológicos de segunda geração, de qualidade muito superior e baseados integralmente em engenharia de proteínas, que não poderão ser copiados a partir da implementação universal de estritos sistemas globais de patenteamento.

**A BLS significa inventar**, desenvolver e produzir drogas-chave para a terapêutica farmacológica humana, tais como o TPA da Genentech – droga usada para o tratamento de problemas cardiovasculares – que se caracteriza por: a) ser imprescindível; b) possuir um mercado universal; c) ter altíssimo valor agregado. Um quilograma de TPA custa 22 milhões de dólares.

Quanto valem as mercadorias que o mundo periférico exporta, tais como grãos, frutas, suco de laranja, baunilha, café, cacau? Comparados com o TPA da Genentech, são mercadorias baratas e triviais. Um quilo de frutas custa 1 dólar; um quilo de baunilha custa 70 dólares. Não é necessário grande conhecimento de economia para perceber que os produtos dos países periféricos não se igualam aos 22 milhões de dólares que custa o kilo de TPA. Por outro lado, a pressão social que gera a necessidade do uso de drogas como o TPA não é equivalente a que demanda o acesso às frutas, ao extrato de baunilha ou ao cacau.

A BLS significa companhias como a Genentech, adquirida há poucos anos pela Hoffmann-La Roche, corporação transnacional suíça (química, agroquímica, fármacos e sementes) por 6,4 bilhões de dólares, ou seja, um décimo da dívida externa argentina.

**A BLS significa a aplicação** da sabedoria, do talento científico e da capacidade de inovação tecnológica de professores de biologia molecular, em universidades de ponta, para invenção, desenvolvimento e produção de novas drogas, novos procedimentos terapêuticos e novos modos de produção. Os professores da Universidade da Califórnia, em Berkeley, e da Universidade de Stanford, que fundaram a Genentech, inauguraram esse modo de produção industrial. Eles revolucionaram a terapêutica do infarto do miocárdio com

o TPA recombinante, substituindo as insulinas bovina e suína pela insulina humana recombinante (para Ely Lilly): produzindo somatotrofina recombinante humana (para Ely Lilly) e bovina (para Monsanto) e inventando novo método de terapêutica sintomática da fibrose cística, com o uso de DNase recombinante.

**A BLS significa a produção de idéias** e de *know-how* que se realizam nas *research boutiques* cotizadas entre cem milhões e um bilhão de dólares.

*Research boutique* é companhia de pesquisa fundada por cientistas, pesquisadores universitários e investidores de risco. Tem como objetivo desenvolver e aplicar idéias e/ou tecnologias originais derivadas de descobrimentos realizados (e patenteados) por seus fundadores no âmbito universitário. Em geral, são desenvolvidos paralelamente projetos próprios e outros financiados por grandes corporações. Algumas poucas *research boutiques* se convertem em companhias industriais; a grande maioria produz somente o conhecimento e a tecnologia de ponta e as que alcançam êxito são eventualmente adquiridas por corporações.

Essas companhias biotecnológicas não têm produtos no mercado: seu objetivo é a invenção de moléculas e procedimentos analíticos e produtivos. São essas "pequenas" companhias biotecnológicas que inventam e desenvolvem muitas das drogas e dos procedimentos terapêuticos revolucionários destinados à prevenção, ao diagnóstico e ao tratamento de patologias humanas, de animais e de plantas; são também elas que inventam as novas estratégias produtivas e os recursos tecnológicos (os anticorpos catalíticos ou abzymas, por exemplo) que transformarão totalmente as indústrias moleculares do século XXI.

BLS significa mapas físicos do genoma do milho, que custa 2 milhões de dólares o exemplar, mapas dos genomas de espécies vegetais, de importância industrial estratégica (como o tomate), propriedades de empresas processadoras de alimento, tudo mantido sob rigoroso sistema de segredo industrial.

**A BLS significa controle** de mercados mundiais de 5 bilhões de dólares, tais como as grandes drogas anti-hipertensivas de quinta geração, os inibidores da enzima de conversão da angiotensina I.

A BLS significa a invenção de métodos de produção destinados a substituir a indústria extrativa de substâncias biológicas provenientes de seres humanos (por exemplo, albumina sérica, imunoglobulinas e fatores de coagulação), de animais (como insulina e heparina) e de plantas (cacau, café, baunilha, goma arábica, suco de laranja, polissacarídeos, açúcares edulcorantes, edulcorantes alternativos, farinhas de cereais, entre outros), por tecnologias bioquímicas capazes de gerar as proteínas, enzimas e óleos essenciais sob forma industrial e altamente automatizada.

A BLS significa a invenção de métodos de produção destinados a transformar animais de granja em produtores de proteínas humana ou vegetal e a criação de cultivares de plantas transgênicas produtoras de proteínas animais e/ou vegetais.

**A BLS significa esforço intelectual** e tecnológico na substituição dos materiais de origem biológica produzidos por métodos tradicionais – provenientes da agricultura local ou de países periféricos –, para dar independência às companhias manufatureiras em relação aos fatores naturais e políticos que complicam a produção agrícola e agropecuária. O mundo periférico, especializado na produção de substâncias de alto valor social e pouco valor absoluto (o café é exemplo paradigmático), ficará sem mercado. Ou, o caso de conservar esses mercados, somente poderá ter acesso a eles se utilizar os animais e plantas modificados geneticamente – que assegurem perfis nutricionais, bioquímicos e de qualidade impostos pelos países importadores –, que são gerados pelos países centrais.

A BLS significa, portanto, atividade científico-industrial que mudou o paradigma das relações mundiais. Ao acabar com a tradicional divisão internacional do trabalho, está gerando uma nova categoria de países: os países desocupados. Um país desocupado – denominado em inglês *jobless country* – é aquele que in-

vestiu, investe e investirá todo seu esforço econômico e intelectual na produção de matérias-primas impróprias para exportação. Em sua imensa maioria, os produtos "caros" exportados pelo mundo periférico – aproveitando os fatores naturais derivados da localização geográfica dos países, da flexibilidade de trabalho catalizada pela repressão social e da disponibilidade do território – estão condenados a serem substituídos por produtos industriais gerados biotecnologicamente, produzindo-se países desocupados ou condenados à desocupação: Cuba (açúcar), Argentina (grãos, carnes, azeites de oleaginosas), Brasil (cacau, café, suco de laranja), Zâmbia (cacau), República Dominicana (café), Costa Rica (café).

A BLS significa a conversão de *commodities* em produtos patenteados – laranjas, tomates, farinhas, óleos, açúcares, edulcorantes, proteínas moleculares – cuja produção e utilização industriais deverão exigir o pagamento de "royalties" aos inventores.

A compreensão cabal do significado político e econômico dos PGs e da BLS permite estimar a magnitude de nossa desgraça e apreciar a pobreza conceitual de certas interpretações, tão em voga entre os charlatões da periferia, especializados em divagar sobre ciência (que nunca fizeram e que nunca entenderam) e tecnologia (que desconhecem).

*\* O professor Daniel Goldstein apresentou esse texto no ato de encerramento das Primeiras Jornadas de Biologia Molecular em Medicina, organizadas pela Fundação de Investigações Biomoleculares, de 6 a 17 de dezembro de 1993. O semanário argentino Página 12 publicou-o em sua edição de 15/01/94.*

TRADUÇÃO DE *Marília Costa Cruz*

Em maio, edição especial:  
número 100 da **Ciência Hoje**



# Fome e Crise Social no Brasil

Editor convidado: Francisco Carlos Teixeira (UFRJ)

**CIÊNCIA HOJE**

Reserve seu exemplar pelo telefone (021) 295-6198.

AV. VENCESLAU BRÁS, 71 FUNDOS, CASA 27 • CEP 22290-140 • RIO DE JANEIRO RJ, BRASIL  
TELEFONES: (021) 295 4846 e 295 6198 (ASSINATURAS) FAX: (021) 541 5342

# Fonética no computador

*Linguistas estão descrevendo o timbre das vogais e detectando as diferenças das pronúncias de cinco capitais brasileiras*

Imagine-se ligando para um banco e a voz do sistema informatizado respondendo com um forte sotaque norte-americano. Com certeza, para a maioria dos clientes, seria difícil entender as informações sobre conta-corrente e aplicações financeiras.

Os estudos que vêm sendo desenvolvidos no Laboratório de Fonética Acústica da Faculdade de Letras da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) podem fazer com que, por exemplo, um robô no Brasil não só entenda o português, mas também fale com sotaque carioca, paulista, baiano, gaúcho ou recifense.

Pesquisadores do laboratório da UFRJ, coordenados por João Antônio de Moraes, estão descrevendo o timbre das vogais do português do Brasil e detectando as diferenças de pronúncia de moradores de cinco capitais – Recife, Salvador, Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre. Está também prevista a descrição das consoantes.

Uma das vertentes dos estudos de 'engenharia da voz' é, assim, a síntese da fala, isto é, a sua produção artificial. Outra é fazer com que o computador

reconheça a fala e converta em escrita o que foi dito.

As variedades de pronúncias, provenientes de timbres e curvas melódicas diferenciados, é um dos obstáculos para esse tipo de pesquisa. Além das diferenças regionais e sociais, cada falante tem suas particularidades de voz que o singularizam. É possível, assim, identificar um indivíduo pela sua 'impressão' vocal,

campo de enorme utilidade e importância para as investigações criminais. Mais ainda: um mesmo indivíduo varia sua fala segundo os diferentes contextos sociais e emocionais das situações comunicativas.

Uma dificuldade, tanto para a síntese quanto para o reconhecimento da fala, é que os sistemas ortográficos não mantêm uma relação biunívoca com os sons da

fala. Assim, por exemplo, em português, o que se escreve com a letra *o* é pronunciado como *u* em *menino*, como *ô* em *bola* ou como *ô* em *moça*. Inversamente, o que se pronuncia de uma só forma pode ser representado na escrita de maneiras diversas. Em português, *ç* e *ss* em *caçar* e *cassar* representam o mesmo som. Em outras línguas, como o francês, a discrepância é ainda mais acentuada. Um som como o *ô* pode ser escrito como *eau*, *ô*, *au*, e *aux*. Isso acontece porque os sistemas ortográficos são conservadores. Essas escritas tinham pronúncias diferentes. Com o correr do tempo, elas foram se alterando, mas a escrita do idioma se manteve. Por exemplo,

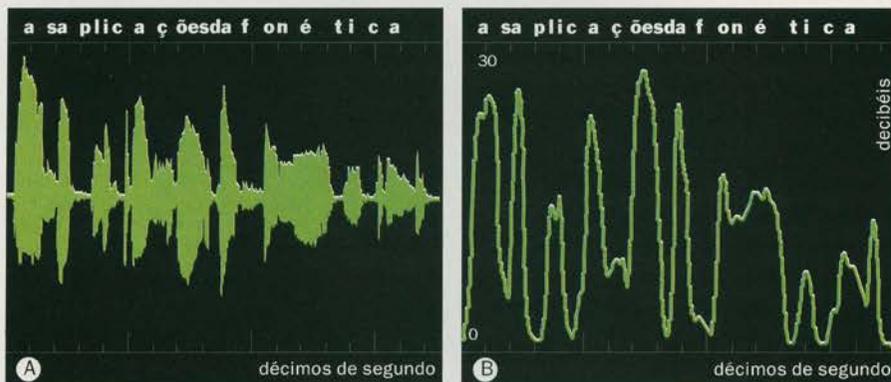


Figura 1. Em A, forma da onda, fornecida pelo programa, refere-se à frase 'aplicações da fonética'. Em B, a modulação da intensidade da voz (volume) em cada sílaba da mesma frase.

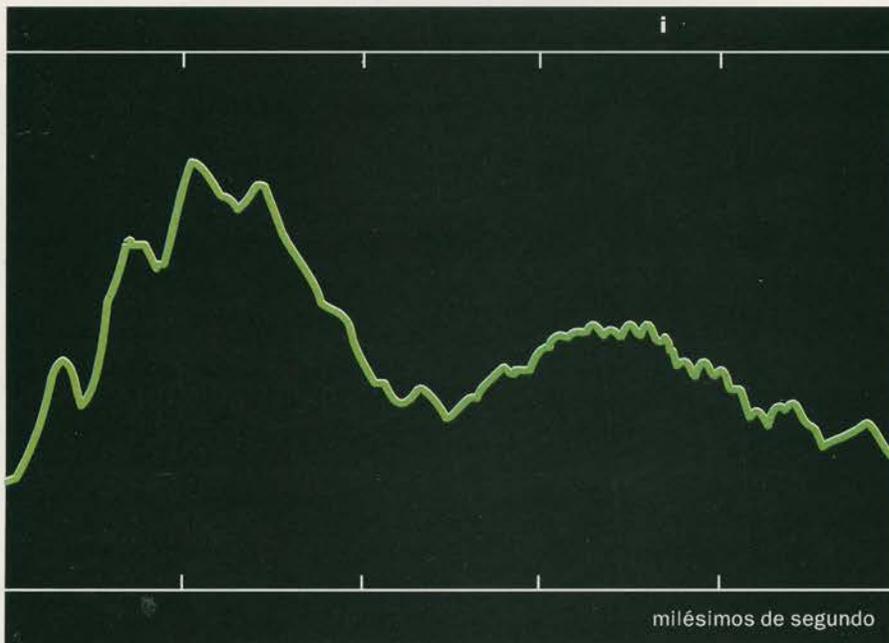


Figura 2. O programa de computador Cecil pode avaliar isoladamente os sons que compõem uma cadeia sonora. Cada vogal é formada por vários ciclos semelhantes, que, isolados, são inaudíveis. Na figura, um dos ciclos da vogal 'i'.

o *ç*, que hoje tem a mesma pronúncia do *s* ou *ss*, tinha no português medieval uma pronúncia diferenciada, *ts*.

As aplicações do estudo acústico dos sons de uma língua vão além da robótica, da identificação da voz e da informatização. Entre elas estão o ensino das línguas maternas e a correção de patologias de linguagem.

O Laboratório de Fonética Acústica usa em suas pesquisas dois programas norte-americanos: o *Interactive Laboratory System* (ILS) e o *Computerized Extraction of Components of Intonation in Language* (Cecil).

O Cecil é mais usado que o ILS para os estudos de melodia, intensidade e duração da voz. Um dos gráficos que o Cecil fornece é o da forma da onda sonora (figura 1A). Nele, as vogais – mais musicais que as consoantes – apresentam ondas de maior amplitude. Já uma consoante como o *p* é uma interrupção de voz, um silêncio, que se traduz no gráfico por uma ausência de vibrações.

O programa Cecil permite selecionar para a análise trechos de uma frase falada ao microfone ou ao gravador. O programa permite também focalizar apenas um som específico dentro do trecho da fala (figura 2). O lingüista pode ouvir o trecho escolhido em três velocidades – normal, lento e muito lento –, o que facilita a audição de trechos falados com muita rapidez.

Pode-se também calcular a duração de cada segmento, o que possibilita estudar o ritmo da língua. O francês, por exemplo, tem sido descrito como uma língua de ritmo silábico, isto é, as sílabas têm durações equivalentes. O português, por outro lado, tem sido caracterizado como uma língua de ritmo mais acentual: uma sílaba tem maior intensidade que as demais na palavra e esse acento retorna na frase a intervalos regulares. O Cecil fornece ainda dados sobre a frequência fundamental (melodia) e a intensidade da frase em estudo.

A pesquisa do Laboratório de Fonética Acústica sobre o sistema consonantal e vocálico do português faz parte da Gramática do Português Falado, projeto de âmbito nacional, coordenado por Ataliba de Castilho, da Universidade de São Paulo.

## De quem é a órbita geoestacionária?

Do “É de quem pegar primeiro” à distribuição planejada

**S**e você, hoje, usa e abusa das comunicações por satélite, super-rápidas e eficientes, agradeça à órbita geoestacionária. Ela é um anel em redor da Terra, bem no nível da Linha do Equador, a 35.800 km da superfície terrestre. Um satélite colocado nessa órbita circular se move na mesma direção (do oeste para o leste) e com a mesma velocidade de rotação da Terra. Ou seja, percorre toda a órbita em exatamente 24 horas, o mesmo tempo em que a Terra completa uma volta em torno de si mesma. Por isso, a um observador na Terra esse satélite parecerá imóvel, fixo, preso, estacionado sobre um certo ponto do globo terrestre.

Que utilidade pode ter isso?

### Um sistema global

O primeiro a ver a utilidade da órbita geoestacionária foi o escritor inglês Arthur C. Clarke, que nasceu em 1917 e vive hoje em Sri Lanka. Graduado em física e matemática, ele serviu à RAF (Real Força Aérea, da Grã Bretanha), como instrutor de radar, durante a Segunda Guerra Mundial. Pois, justamente nessa época, prescrutando o céu para alertar contra os ataques aéreos nazistas, ele percebeu algo fascinante: se você colocar apenas três satélites de comunicação na órbita geoestacionária, em pontos equidistantes, poderá criar um esquema capaz de cobrir toda a superfície terrestre. Um sistema genuinamente global, estável e constante. A Terra ficará como que enquadrada num

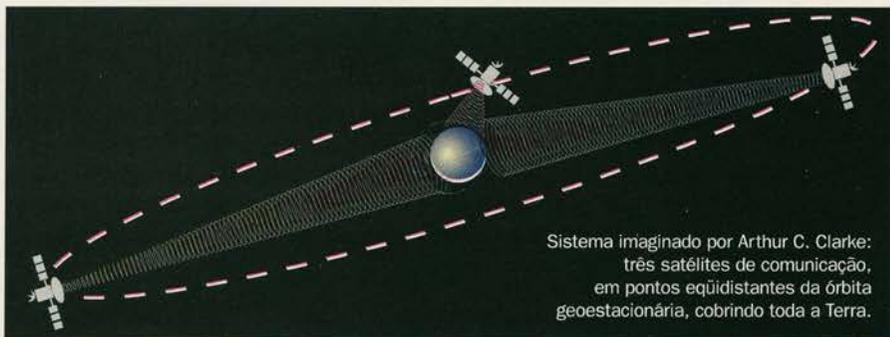
triângulo perfeito. As pontas do triângulo são os satélites e os ângulos indicam a área de cobertura dos três satélites sobre a face do planeta.

Essas idéias, Arthur C. Clarke as divulgou pela primeira vez após a guerra, em outubro de 1945, no artigo “Extra Terrestrial Relays” (Retransmissões Extra-Terrestres), na revista inglesa *Wireless World* (Mundo Sem Fio).

Coincidência ou não, naquele mesmo mês e ano, entrou em vigor a Carta das Nações Unidas, consagrando a boa vizinhança e a cooperação internacional como únicos meios normais e lícitos de os países e povos conviverem neste mundo.

O primeiro satélite de comunicação em órbita geoestacionária – Syncom 3, dos Estados Unidos – foi lançado há 30 anos, em 19 de agosto de 1964. No dia seguinte, em Washington, 11 países fundaram a primeira organização internacional de satélites de comunicação, Intelsat, ainda hoje a maior de todas, com 121 países membros. Quinze anos depois, em 1981, as telecomunicações já usavam 157 satélites geoestacionários, 128 dos quais para os países desenvolvidos e apenas 29 para os subdesenvolvidos. Atualmente, contam-se, ao todo, mais de 300. Podem ter cerca de 15 anos de vida útil. Servem à telefonia, telégrafo, transmissão de TV, transmissão de dados, comunicação de unidades móveis etc.

O uso da órbita geoestacionária mudou tão profundamente o universo das telecomunicações, que Arthur Clarke confessa



Sistema imaginado por Arthur C. Clarke: três satélites de comunicação, em pontos equidistantes da órbita geoestacionária, cobrindo toda a Terra.



**Brasilsat B, produzido pela Hughes Space and Communications, deve chegar à órbita geoestacionária ainda em 1994.**

já ter imaginado, não sem boa dose de avidez, o quanto ganharia se ele tivesse patenteado a descoberta...

### O melhor negócio espacial

É, de fato, um mercado milionário. As comunicações por satélite converteram-se rapidamente na aplicação espacial mais lucrativa. Seu mercado mundial mais que triplicou entre a primeira e a segunda geração de satélites geoestacionários. A primeira, com 37 satélites, em oito anos (a partir de 1972), movimentou US\$ 2,2 bilhões (dólar de 1990). Já a segunda, com 113 satélites, em 11 anos, faturou US\$ 8 bilhões. Agora, em plena terceira geração, estima-se que de 110 a 162 serão lançados no período de 11 anos, de 1992 a 2003, o que deve gerar de 9,9 a 14,6 bilhões de dólares. Mas o cenário mais provável indica, nestes 11 anos, 114 satélites, mobilizando US\$ 13 bilhões. Só de serviços de lançamento de satélites de comunicação, no período de 1991-2003, espera-se um montante de 8,1 a 13,2 bilhões de dólares. São dados bem recentes (Euroconsult's World Space Industry Survey, Paris, 1993; revista *Space Policy*, Londres, agosto de 1993). Vale notar que o preço médio dos satélites, de US\$ 59 milhões nos anos 80, subiu para US\$ 70 milhões em 1991-92, e calcula-se que chegue a US\$ 90 milhões nos próximos anos desta década (dólar de 1992).

O Brasil já comprou quatro satélites geoestacionário de comunicação. É a série Brasilsat. Os dois primeiros foram construídos pelo consórcio americano-

canadense Hughes-Spar, por US\$ 155 milhões (dólar de 1982) e lançados, respectivamente, em fevereiro de 1985 e março de 1986. Os outros dois, fabricados pela Hughes por US\$ 175 milhões (dólar de 1990), devem ser lançados em junho e outubro deste ano pelo foguete europeu Ariane. Somando-se a despesa com seguro, este é um negócio de US\$ 300 milhões.

### Recurso natural limitado

Logo se constatou, no entanto, que essa mina de ouro espacial não era infinita. Seguindo a recomendação de especialistas e a pressão de muitos países, a União Internacional de Telecomunicações (UIT), órgão das Nações Unidas encarregado de regulamentar as questões de comunicação em escala mundial, adotou, em 1971, decisão histórica: definiu a órbita geoestacionária e suas radiofrequências como "recursos naturais limitados".

Em 1973, a nova Convenção da UIT fixou em seu artigo 33 que as posições na órbita geoestacionária e as radiofrequências "são recursos naturais limitados que devem ser utilizados de maneira eficaz e econômica, para permitir que diferentes países ou grupos de países tenham acesso equitativo a elas".

O princípio do acesso equitativo vinha se opor ao antigo princípio "É de quem chegar primeiro", que, como se sabe, sempre estimulou o uso extensivo e anárquico de qualquer recurso natural, limitado ou não.

Já era um grande avanço. Mas, o direito de acesso equitativo ainda não garantia a todos os países, sem exceção, pelo menos uma vaga no estacionamento limitado da órbita geoestacionária e de suas radiofrequências, mesmo se não tivessem os vultosos recursos financeiros e tecnológicos necessários para tanto. Na prática, os países desenvolvidos continuariam os donos da órbita.

Daí que, em 3 de dezembro de 1976, oito países equatoriais (localizados sobre a Linha do Equador) emitiram a Declaração de Bogotá, anexando às suas áreas de soberania nacional o trecho da órbita geoestacionária situado sobre seus territórios. O documento era assinado pelos governos da Colômbia, Congo, Equador, Indonésia, Quênia, Uganda, Zaire e Brasil. Gabão e Somália aderiram posteriormente.

Embora a causa fosse justa – assegurar o acesso desses países à órbita geoestacionária –, o meio escolhido para alcançá-lo era indefensável. O Tratado do Espaço de 1967, com os princípios básicos reguladores das atividades espaciais, firmado por 118 países, já havia estabelecido que o espaço cósmico está aberto ao uso de todos os países e não pode ser "objeto de apropriação nacional por proclamação de soberania, por uso ou ocupação, nem por qualquer outro meio". Os países equatoriais tiveram que retroceder.

### Distribuição planejada

Mas o desafio da distribuição justa e equitativa da órbita geoestacionária e suas radiofrequências persistiu. O acelerado desenvolvimento das telecomunicações tornou cada vez mais evidente que o simples direito de acesso não bastava para impedir o domínio efetivo da órbita geoestacionária pelos países ricos e garantir ali um lugar para os países pobres. A polêmica esteve no centro de duas grandes conferências da UIT, em 1985 e 1988. Ganhou espaço nesses encontros o pleito da maioria esmagadora dos países em favor da distribuição antecipada de vagas disponíveis na órbita geoestacionária e de suas radiofrequências. A UIT aprovou alguns planos neste sentido, reconhecendo direitos preferenciais aos países para serviços específicos (rádiodifusão direta e serviço fixo via satélite). Isso significa que, finalmente, abandonou-se, pelo menos em parte, os princípios já tradicionais do livre uso e da não-apropriação do espaço cósmico, para se levar efetivamente em conta a desigualdade entre os países, que impõe o uso ordenado dos recursos naturais limitados, a fim de que todos os países, sem discriminação, possam deles tirar proveito.

Mas a nova regulamentação da UIT tem raio de ação muito reduzido e ainda está longe de enfrentar a questão crucial da cooperação econômica e tecnológica, indispensável para que a imensa legião dos países subdesenvolvidos consiga se elevar às conquistas extraordinárias das telecomunicações espaciais.

**José Monserrat Filho**

*Instituto Internacional de Direito Espacial.*

A única revista  
de divulgação científica para crianças

# CIÊNCIA HOJE

das crianças



jogos,  
experiências,  
ciência,  
brincadeiras,  
bichos,  
contos

UMA PUBLICAÇÃO



# Genes contra a fome

*Pai do trigo transgênico acha que a revolução genética vai salvar o mundo*

O pesquisador indiano Indra Vasil e sua equipe do Laboratório de Biologia Celular Vegetal e Molecular, da Universidade da Flórida (EUA), são os responsáveis pela reprodução do primeiro trigo transgênico do mundo. No final do ano passado, eles voltaram a ser notícia no meio acadêmico internacional. Dessa vez, a causa foi a pesquisa para obtenção de trigo com maior concentração da proteína glutenina.

O trigo foi a última das grandes culturas de cereais a ser modificada pela biotecnologia. Em 1992, Vasil e sua equipe conseguiram produzir trigo contendo o gene de uma bactéria resistente a um herbicida denominado 'Basta'. Isso finalmente demonstrou que a planta poderia ser alterada geneticamente.

Nos EUA, desde 1962, Indra Vasil é um dos cientistas mais respeitados do mundo na área de biotecnologia de cereais. Ele esteve em Brasília, em dezembro passado, para participar do I Encontro Brasileiro de Biotecnologia Vegetal, quando falou a Margareth Marmori (Ciência Hoje/Brasília) sobre a importância da biotecnologia para a humanidade e sobre suas pesquisas.

**Sua atuação como cientista tem sido caracterizada por preocupações humanistas. Qual a importância da biotecnologia para a humanidade?**

A população mundial, embora num ritmo mais lento, ainda está crescendo e até o ano 2030 poderá dobrar, chegando a 11 bilhões. Para esses cinco bilhões a mais, não há alimentos. O que se deveria fazer é reduzir o crescimento populacional, mas isso não acontece rapidamente. Enquanto não houver redução nas taxas de crescimento populacional para evitar a fome, a biotecnologia desempenhará um papel importantíssimo.

**A biotecnologia pode contribuir para aumentar rapidamente a produção de alimentos?**

É o que esperamos. No passado, o aumento da produção de alimentos foi alcançada graças à seleção, cujo limite biológico já foi quase alcançado. Na

seleção, uma variedade é cruzada com outra para se tentar obter determinada característica. Mas há limites, pois não se podem misturar plantas diferentes, como batata e feijão. Com a biotecnologia, podem ser selecionadas características de qualquer planta ou de qualquer organismo. É possível coletar um gene humano e introduzi-lo numa planta.

**Quais são os desafios da biotecnologia de plantas atualmente?**

Uma das principais tarefas da biotecnologia nos próximos 10 anos será identificar novos genes úteis para a alimentação humana. As coisas podem se tornar mais difíceis daqui para frente, porque, embora existam características determinadas por apenas um gene, há algumas definidas por vários genes. Será difícil encontrar todos os genes responsáveis pela característica desejada e será



Indra Vasil

ainda mais difícil colocá-los todos numa só planta.

**Que tipo de pesquisas estão sendo feitas?**

Busca-se descobrir que genes controlam doenças e quais deles permitem à planta crescer sob condições adversas. O feijão, por exemplo, é susceptível a várias doenças. Mas há primos silvestres do feijão que são imunes a elas. Com o mapeamento genético, saberemos quais genes dos parentes silvestres os fazem resistentes às doenças e poderemos usar esses genes para proteger o feijão das doenças.

**Mas os países que mais têm avançado em biotecnologia são os que menos enfrentam problemas com a fome.**

É verdade. A maioria dos bons trabalhos em biotecnologia tem sido feitos no Japão, na Europa Ocidental e nos EUA, onde não há escassez de alimentos. A biotecnologia nos EUA e demais países industrializados é um luxo que lhes dá mais dinheiro e poder. E quanto menos pesquisa biotecnológica os demais países fizerem, mais eles estarão sob controle dos detentores de conhecimento nessa área.

**Como alterar esse quadro?**

Acho que devemos treinar gente jovem dos países em desenvolvimento. Norte-

americanos e europeus não estão interessados em resolver os problemas do cultivo da mandioca, porque eles não comem mandioca. Juntamente com a Unesco temos um programa de bolsas de estudo para jovens pesquisadores de vários países. Treinamento de recursos humanos é o tipo de ajuda que ninguém pode tirar, ao contrário de comida que, se você dá, um dia acaba. Outro ponto é o relacionamento com a indústria. Na Universidade da Flórida, temos estreita colaboração com a Monsanto, uma das maiores empresas de biotecnologia do mundo. Acho que os industriais brasileiros também deveriam perceber que a colaboração com os cientistas pode render grandes vantagens.

**O senhor falou sobre os limites do melhoramento tradicional de culturas. Quais são os limites da biotecnologia?**

O melhoramento tradicional é feito há séculos. A biotecnologia está apenas começando. A cada ano, acontecem coisas que não poderíamos imaginar dois anos atrás. Há substâncias de valor medicinal que são produzidas apenas pelo organismo humano, como alguns hormônios. Graças à biotecnologia, poderemos transferir o gene que determina a produção desses hormônios para bactérias ou, melhor ainda, para plantas como o tabaco. Esse gene que se expressa nas sementes do tabaco dará à planta capacidade para produzir substâncias importantes para a saúde humana.

**A biotecnologia nos coloca diante de uma nova Revolução Verde?**

O mundo já foi salvo pela Revolução Verde e agora deverá ser salvo pelo que esta-

mos chamando de Revolução do Gene.

#### **Por que o senhor optou por trabalhar com cereais?**

Cerca da metade de todos os alimentos que comemos vem de três vegetais: trigo, arroz e milho. Se se inclui nessa lista outras plantas como mandioca, feijão e batata, veremos que perto de 80% dos alimentos consumidos no mundo são de seis ou sete tipos. Esse é um dos motivos pelos quais há cerca de 20 anos comecei a estudar cereais. Se você volta no tempo e começa a analisar as grandes civilizações do passado, vai verificar que todas elas se formaram em torno do cultivo de um cereal. Na América Latina, foi em torno do milho; na Europa e no Oriente Médio, em torno do trigo; e no sul da Ásia, em torno do arroz.

#### **Por que levou tanto tempo para se chegar ao trigo modificado geneticamente?**

É muito difícil trabalhar com cereais, especialmente o trigo. Durante muito tempo, vários cientistas tentaram introduzir

sem sucesso genes exóticos no trigo. No ano passado, conseguimos produzir pela primeira vez trigo transgênico. Creio que o caso teve muita repercussão pela importância, até mesmo emocional, que o trigo adquiriu na nossa civilização. Quando se fala num símbolo para comida, lembra-se do pão e nunca de tortilha ou arroz. Foi surpreendente o impacto desse trabalho, registrado por mais de 300 publicações em todo o mundo.

#### **Qual a importância do trigo resistente ao herbicida?**

Para matar ervas daninhas, produtos químicos são pulverizados sobre as plantações. As ervas são eliminadas e a plantação é mantida, apesar de permanecer com resíduos. Tais produtos químicos são muito perigosos, pois destroem o meio ambiente, afetam insetos, pássaros e microorganismos. Além disso, permanecem no solo por muito tempo, atingindo os lençóis de água. Quando aplicados numa plantação, eles matam tudo. Mas identificamos numa bactéria, a *Strepto-*

*myces hygroscopicus*, um gene capaz de destruir esses produtos químicos, de torná-los não tóxicos. Esse gene desencadeia a produção da enzima acetiltransferase fosfotricina (ATF), que anula o poder tóxico da fosfotricina, que é o ingrediente ativo do herbicida denominado 'Basta'. Introduzimos esse gene na planta do trigo e a colocamos no campo com outras espécies de plantas. Aplicamos o herbicida que matou todas as demais plantas, com exceção do trigo transgênico. O herbicida se tornou sem efeito para o trigo.

#### **Qual sua linha de pesquisa atualmente?**

Estamos tentando aumentar a concentração de uma proteína de alto peso molecular no trigo. A qualidade do pão depende dessa proteína, a glutenina. Se você tem mais glutenina no trigo, o pão será de melhor qualidade e sua fabricação exigirá menos produtos químicos.

#### **Há pesquisas para desenvolver algum trigo que cresça melhor**

#### **em climas mais quentes?**

Não nesse momento, porque as regulações ambientais das plantas são definidas por vários genes. E de fato não sabemos nada sobre isso. Felizmente, o trigo já é uma cultura mais adaptável a condições ambientais variadas.

#### **E quanto à resistência a períodos secos?**

Estamos interessados nisso, mas essa é outra característica controlada por vários genes. Antes de tudo, é necessário identificar todos os genes que controlam a característica na qual se está interessado. Depois de identificados todos os genes responsáveis pela característica, é necessário colocá-los num lugar específico do genoma da planta. É uma tarefa muito difícil, mas há pessoas começando a trabalhar nisso. Acredito que em cinco ou 10 anos surjam os primeiros resultados. Buscar meios de proteger as plantas das altas temperaturas e das secas é muito importante, já que a escassez de água está se tornando grave em várias partes do mundo.

## **Plantas resistentes a vírus**

*Nos canais entre as células pode estar a saída para plantas imunes a doenças virais*

Decifrar a comunicação entre as células é atualmente um dos caminhos que cientistas americanos percorrem para descobrir como combater de forma mais ampla e eficiente os vírus que atacam as plantas. Roger Beachy, do Instituto de Pesquisas Scripps (EUA), acredita que em cinco anos já estejam no mercado plantas alteradas geneticamente com proteínas mutantes capazes de impedir a

propagação de infecções virais.

Beachy participou do I Encontro Brasileiro de Biotecnologia Vegetal, em Brasília, em dezembro, e expôs os mais recentes avanços da pesquisa de plantas transgênicas resistentes a vírus. Segundo ele, uma das mais novas linhas de pesquisa está relacionada à comunicação intercelular. Entre as células há canais de comunicação muito estreitos,

com cerca de 0,1 bilionésimo de metro (ou 0,1 nanômetro) de largura, através dos quais os vírus passam de uma célula para outra.

Ainda hoje não se sabe exatamente como vírus de 18 nanômetros conseguem atravessar esses canais. Há anos Beachy estuda os mecanismos de movimentação dos vírus, que é a forma pela qual a infecção se propaga pelo orga-

nismo. Já foi verificado que o vírus do mosaico do tabaco e outros vírus semelhantes produzem uma proteína, chamada proteína do movimento, que modifica os canais entre as células.

"Acreditamos que somente o ácido ribonucléico (ARN), ou seja, a informação genética, passe pelos canais", supõe Beachy. O ARN seria suficientemente pequeno para passar pelos canais, embora outros tipos de vírus atuem de forma diferente, destruindo a parede celular.

Mas no caso do mosaico do tabaco, Beachy e sua equipe

recentemente conseguiram desenvolver uma variação mutante da proteína do movimento, que seria, na realidade, uma proteína do movimento não-funcional, isto é, que não se manifesta. Um gene exótico, que determina a produção dessa proteína, foi introduzido no

tabaco, planta que apresentou baixa taxa de infecção depois de inoculada com o vírus.

A proteína não-funcional operaria como um bloqueador da passagem do vírus, impedindo a propagação da doença. A proteína mutante seria eficiente para combater vírus de

outros tipos. Mas Beachy admite que há o risco de a proteína bloqueadora prejudicar a comunicação entre as células. “Estamos trabalhando na verificação de possíveis danos”, comenta. Ele acredita que dentro de um ano seu laboratório terá as primeiras plantas resistentes ao vírus do mosaico do tabaco para serem lançadas no mercado.

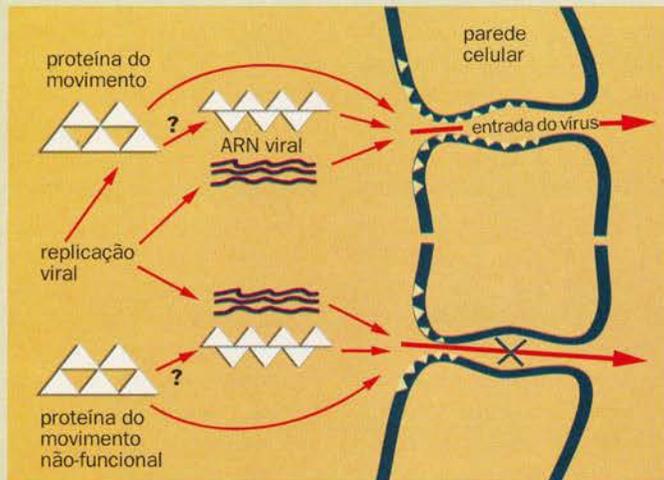
Até agora foram feitas experiências bem-sucedidas com o tomate e o tabaco. “Mas essas duas plantas não são muito complicadas e partiremos para pesquisas com batatas”, afirma o cientista. As experiências até agora indicam que o bloqueador de vírus é um mecanismo mais adequado para ser usado em solanáceas (família de plantas superiores à qual pertencem o tomate, a batata, o tabaco etc.).

Caso as plantas engenheiradas com bloqueadores cheguem ao mercado, irão se juntar às que este ano já poderão

ser encontradas nos supermercados dos EUA. Este ano, os consumidores norte-americanos disporão de um tomate engenheirado. Apesar de amadurecer, ficar vermelho e ter boa aparência e sabor, esse tomate amolece lentamente, o que facilita o armazenamento. A planta não recebeu gene de outro organismo. Teve apenas o gene que desencadeia o amolecimento “silenciado”, ou seja, modificado para se manifestar tardiamente.

Ainda este ano, abobrinha e sementes de abacaxi resistentes ao mosaico graças a um mecanismo diferente da proteína mutante estarão no mercado americano. Esse mecanismo, chamado resistência mediada por capa protéica, já é bastante conhecido entre os cientistas e vem sendo testado com sucesso nos EUA e na China.

**Margareth Marmorì**  
Ciência Hoje/Brasília.



**A infecção por vírus ocorre com a produção de uma proteína do movimento, que modifica os canais que interconectam as células das plantas. Plantas transgênicas que contêm uma proteína do movimento não-funcional bloqueiam a propagação do vírus de uma célula para outra. O resultado é a resistência à infecção.**

## Mandioca 1001 utilidades

*Cientistas tentam transformar planta em matéria-prima para vários produtos de grande consumo*

Papel, plástico biodegradável e pano poderão em poucos anos ser fabricados com matéria-prima peculiar: mandioca. Pesquisadores do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, estudam formas de ampliar o uso da mandioca com o auxílio da biotecnologia. Além disso, eles esperam até o ano 2000 desenvolver por completo uma variedade transgênica.

Segundo Willian Roca, do CIAT, além de melhorar plan-

tas para servirem como matéria-prima, a biotecnologia pode reduzir os problemas de cultivo da mandioca como baixo rendimento, imprevisibilidade dos resultados da colheita e alta susceptibilidade a doenças, especialmente as causadas por bactérias.

Munidos de uma coleção de aproximadamente seis mil unidades da planta, com variedades de todo o mundo, os pesquisadores do CIAT querem modernizar o cultivo da mandioca, ainda hoje feito de

modo rudimentar e direcionado basicamente para a subsistência de pequenos agricultores.

Os cientistas pretendem, por exemplo, reduzir o período de crescimento da mandioca para sete ou oito meses. Algumas variedades podem levar mais de um ano para chegar à colheita. Outro objetivo é conseguir espécies transgênicas, que tenham raízes mais curtas e mais grossas e com menos ramificações para facilitar a colheita mecânica.

Um dos problemas na comercialização da planta é a dificuldade para seu armazenamento, já que a planta se deteriora rapidamente depois da colheita. “Como a raiz é muito rica em carboidratos, é atacada rapidamente por microrganismos”, diz Roca. Ele acredita que técnicas biotecnológicas devem resolver o problema.

Cultivada basicamente na América Latina, na África e na Ásia, a mandioca é rica em amido, mas, para Roca, ainda não foi descoberta pelo mercado internacional. Só recentemente a comercialização da planta vem sendo ampliada. Atualmente, a Tailândia produz quatro milhões de toneladas de raízes secas, vendidas como ração para a Europa.

FONTE: ROGER BEACHY/INSTITUTO DE PESQUISAS SCRIPPS (EUA)

# Cacau: herói e vilão da mata

*Oscilação do preço do cacau ameaça integridade da Mata Atlântica na Bahia*

A Mata Atlântica, o mais ameaçado ecossistema do planeta, sofre atualmente sua maior destruição na faixa litorânea de 14 mil km<sup>2</sup> que se estende ao sul da Bahia. O desmatamento atinge ali proporções epidêmicas, atestadas pelo número estarrecedor divulgado recentemente pela Fundação S.O.S. Mata Atlântica: um bilhão de árvores foram cortadas na região entre 1985 e 1990.

O sul da Bahia detém a maior diversidade arbórea da Terra – em algumas áreas podem ser encontrados até 450 espécies diferentes por hectare – e é o único refúgio do mico-leão-dourado, do macaco-prego-de-peito-amarelo e do ouriço-preto, ameaçados de extinção. É também uma das poucas regiões do mundo onde há condições climáticas ideais ao plantio do cacau, cujas culturas ocupam cerca de 500 mil hectares.

No encontro internacional organizado pela Universidade Federal de Minas Gerais e pela Conservation International, em dezembro passado, em Belo Horizonte, para discutir modelos que viabilizam o uso sustentado da terra e a conservação dos recursos naturais no Novo Mundo, o cientista político Keith Alger, vice-presidente da Fundação Pau Brasil, em Ilhéus (BA), disse que as culturas de cacau são a maior ameaça à mata e, ao mesmo tempo, a melhor saída para sua conservação. Em entrevista a Marise Muniz (Ciência Hoje/Belo Horizonte), Alger explicou esse paradoxo aparente e apontou soluções que unem desenvolvimento econômico e conservação da biodiversidade.

**As maiores manchas de Mata Atlântica de baixa altitude estão no sul da Bahia, onde também se registram as mais alarmantes taxas de desmatamento do país. Como se explica que as plantações de cacau sejam responsáveis pelos dois fenômenos?**

Historicamente, as riquezas provenientes da lavoura cacauieira estimularam a retenção de grandes áreas de terra em mãos de poucos fazendeiros. O latifúndio estabeleceu-se como padrão fundiário do sul da Bahia e a economia da região passou a depender da monocultura de cacau orientada para a exportação. Por muito tempo, muitos cacauicultores tinham mais terras com mata primária do que área cul-

tivada de cacau. A partir da década de 60, porém, o Brasil passou a investir no desenvolvimento intensivo da cacauicultura, tornando-se o segundo maior produtor de cacau do mundo. Até 1980, foram plantados no sul da Bahia cerca de 500 mil hectares de cacau, que respondiam por 95% da produção do país. Vale lembrar que boa parte desse plantio foi feito pelo sistema cabruca, em que o cacau é plantado à sombra de outras árvores, preservando-se dessa forma grandes áreas de mata original. De 1986 a 1992, entretanto, a economia cacauieira mergulhou em uma de suas piores crises, deflagrando um surto de desmatamento nos grandes latifúndios. Sem os lucros do cacau e sem



outros recursos, muitos fazendeiros optaram pela fonte de renda imediata representada pelo corte da mata para comercialização da madeira.

**Por que os produtores brasileiros não conseguiram manter um preço competitivo para enfrentar os concorrentes?**

Há vários problemas. No início dos anos 80, o alto preço do cacau no mercado externo e os incentivos do Banco Mundial estimularam o plantio de cacau em muitos países tropicais pobres. Na Costa do Marfim, maior produtor mundial, o cacau responde por 80% das exportações, enquanto no Brasil representa hoje apenas 1%. Os países mais dependentes do produto investiram pesado nas plantações, gerando superoferta de cacau e conseqüente queda de seu preço. Além disso, os custos da lavoura cacauieira no sul da Bahia cresceram muito com o surgimento da vassoura-de-bruxa, fungo que ataca as árvores e provoca perdas de até 95% dos frutos. Até 1989, a doença era restrita à Amazônia, mas alastrou-se recentemente de forma preocupante na região.

**Mesmo assim os grandes latifundiários do sul da Bahia ainda concentram sua produção**

**na cultura do cacau?**

O sul da Bahia ainda se mantém como região de monocultura orientada para exportação, apesar dos sinais de esgotamento dessa alternativa agrícola. Mas sua economia fica à mercê das oscilações do cacau no mercado externo. Quando o preço sobe, os fazendeiros abandonam a busca de novas alternativas para reinvestir no cacau; quando cai, estão totalmente despreparados para enfrentar nova crise.

**Esse quadro de incertezas tem relação com o desmatamento? Se houvesse outras alternativas econômicas, ele poderia ser menos grave?**

Sem dúvida. Por isso temos que buscar novas alternativas à lavoura cacauieira que sejam viáveis nas próprias áreas cultivadas de cacau. A solução não está no desmatamento da floresta nativa para implantação de lavouras de mamão, noz macadâmia e outros produtos. Se os fazendeiros diversificassem a produção agrícola nas áreas cultivadas, estariam não apenas cooperando para conservar os remanescentes de mata em suas propriedades, mas adotando uma forma mais racional e produtiva de uso da terra. Mas é difícil que isso ocorra na região. Para o lati-

fundiário baiano não existe um só produto com as possibilidades de lucro oferecidas pelo cacau. Ele teria que substituir a monocultura de cacau por uma lavoura diversificada, o que requer maior gerenciamento.

**Quais os principais fatores que provocam hoje a devastação da Mata Atlântica no sul da Bahia?**

O desmatamento começou efetivamente com a construção da BR-101 em 1971. Os madeireiros do Espírito Santo começaram a subir por ela em direção ao norte do país e logo encontraram a zona cacauceira. Quando o preço do cacau caiu, muitos fazendeiros, desestimulados, optaram pelo desmatamento de suas terras e pela implantação de serrarias na região. É preciso considerar que, quando o preço do cacau aumenta, há uma invasão da mata para ampliar as áreas de cultivo. Quando cai, também há desmatamento, mas para exploração da madeira. Portanto, para que a mata se conserve, o preço do cacau não pode subir nem baixar muito.

**O assentamento de posseiros em áreas de mata é outro fator que tem contribuído para o desmatamento na região?**

Não deixa de ser um fator preocupante, mas está longe de ser a principal causa. Muita gente gostaria de pensar que é o pobre que desmata, mas as pesquisas mostram exatamente o contrário: os maiores desmatadores são os latifundiários. A grande concentração de terra em mãos de poucos proprietários praticamente eliminou as oportunidades para pequenos produtores. Para se ter uma idéia, há atualmente na região cerca de 300 mil trabalhadores rurais desempregados. Impedidos de usar as terras dos latifúndios, muitos

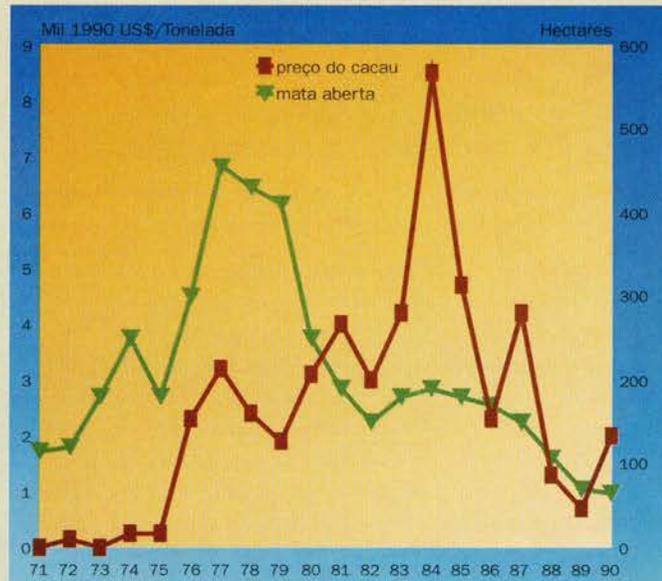


**Figura 1. Região cacauceira no sul da Bahia e centro de endemismo da mata Atlântica.**

deles optaram por invadir áreas de mata. Isso coloca a necessidade de se buscar soluções de assentamento em áreas já desmatadas, apropriadas para agricultura. Não podemos simplesmente dizer aos sem-terra, justo quando eles são beneficiados pela reforma agrária, que não se pode plantar em áreas de mata. Estaríamos mais uma vez frustrando suas oportunidades. O problema é que esses grupos são heterogêneos, muitos deles formados por favelados vindos da zona urbana, sem qualquer conhecimento agrícola. Eles precisam ser orientados para não repetir o tradicional e pernicioso ciclo de desmatar, plantar mandioca, esgotar o solo e avançar sobre a floresta.

**O senhor acredita que é possível conciliar conservação da floresta e desenvolvimento econômico da região?**

Eu diria que no momento há pelo menos uma vantagem na crise do preço do cacau no mercado externo. Para tornar seu produto mais competitivo, os cacauicultores terão que



**Figura 2. Oscilação do preço do cacau e mata aberta.**

buscar tratamentos mais intensivos de controle da vassoura-de-bruxa. Uma das soluções é aumentar a produção em pequenas áreas de alta produtividade, usando mão-de-obra de forma mais intensiva e racional. Assim, parte das áreas que não se mostrarem produtivas para o cacau pode ser recuperada para a mata, através de medidas que incentivem a criação de reservas particulares. A maior prioridade é conservar as manchas de mata ainda em boas condições nas propriedades particulares, especialmente as que ficam na fronteira da Reserva Biológica de Una. Embora seja uma questão polêmica, acredito que faz mais sentido realizar a reforma agrária em terras já desmatadas, mais apropriadas ao cultivo sustentável, já que áreas de mata primária são de solo pobre e de grande relevo inapropriado para a agricultura, mas valioso do ponto de vista ecológico. Fazendo essa seleção prévia, podemos nos antecipar às invasões. Depois que elas acontecem, desencadeia-se fatalmente o conflito rural, tornando premente

a necessidade de desapropriação para a reforma agrária.

**A criação de reservas, como a de Una, seria uma solução?**

Una ocupa uma área muito reduzida, de apenas sete mil hectares, insuficiente até mesmo para manter uma população viável de mico-leão-dourado. Por isso, é imprescindível criar novas áreas de preservação e consolidar as que existem no papel. Mas a solução não é apenas criar áreas intocáveis, tampouco áreas onde tudo é permitido. É importante ter uma área central protegida, como é o caso de Una, criando na zona-tampão alternativas diversificadas de uso da terra, combinando agricultura com corredores de mata. A biodiversidade não será salva apenas com a compra de terras de floresta para aumentar as reservas. É preciso pensar em soluções que possam conciliar sobrevivência da população local e conservação do meio ambiente. E para isso as pessoas devem ver a ecologia como um aliado, nunca como adversário. Infelizmente, na

FONTE: KEITH ALGER/FUNDAÇÃO PAU BRASIL

Bahia, o sistema de informação se concentra em poucas fontes que favorecem os grupos mais poderosos. Quando se fala em meio ambiente, a maioria das pessoas acha que essa é uma questão que diz respeito à Amazônia e que Mata

Atlântica é coisa de outros lugares, como São Paulo e Paraná. Os meios de comunicação locais não oferecem a oportunidade de se discutir seriamente como a sociedade pode combinar desenvolvimento econômico e conservação da

biodiversidade. É preciso que circulem informações de fontes não manipuladas, de forma a promover o intercâmbio entre pequenos agricultores e a absorção de novas tecnologias. Por isso, acredito que a democratização da sociedade é o

caminho para a preservação da biodiversidade. E democratização significa que a sociedade tenha acesso às várias abordagens sérias e investigativas sobre o contexto meio ambiente e desenvolvimento.

## Eletrônica contra desabamentos

*Pesquisadores desenvolvem sistema que alerta para o perigo de deslizamentos em favelas cariocas*

A cidade do Rio de Janeiro ganhou um sistema de monitoração de encostas que deve evitar soterramentos de pessoas causados por deslizamentos em favelas, comuns na época das chuvas. Desenvolvido pelo Laboratório GEMD/Eletrônica (Grupo Executivo de Manutenção e Desenvolvimento) da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, o dispositivo diagnostica continuamente as encostas e, em casos de emergência, dá um alarme para que a população local seja retirada.

Encomendado pela Fundação Geo-Rio, vinculada à Secretaria de Obras da Prefeitura do Rio de Janeiro, o Sistema de Instrumentação Geotécnica via Rádio (Sigra) está em teste nos morros do Borel e da Formiga, no bairro da Tijuca. Caso a situação seja de emergência – o que ainda não ocorreu nessa fase experimental –, a Geo-Rio comunica a Defesa Civil e a associação de moradores, que retiram os moradores.

“Além de servir como alarme, o Sigra permite conhecer mais sobre o comportamento das encostas, que é muito complexo”, lembra Carlos José Ribas d’Ávila, responsável pelo

Laboratório GEMD/Eletrônica. “As medidas realizadas durante todo o ano vão ajudar a determinar com mais precisão o patamar a partir do qual se considera uma situação de

risco”, diz.

A idéia é ampliar o uso do Sigra para toda a cidade do Rio de Janeiro, mas Ricardo D’Orsi, da Geo-Rio, lembra que, por exemplo, a depredação do

equipamento é um dos obstáculos. Além disso, retirar as pessoas da região também não é tarefa fácil: “os moradores do Borel e da Formiga já foram avisados de que o local é área de risco constante, mesmo sem chuvas, mas não quiseram sair da região”, diz D’Orsi.

**Luisa Massarani**

Ciência Hoje/Rio de Janeiro.

### Dados viajam nas ondas de rádio

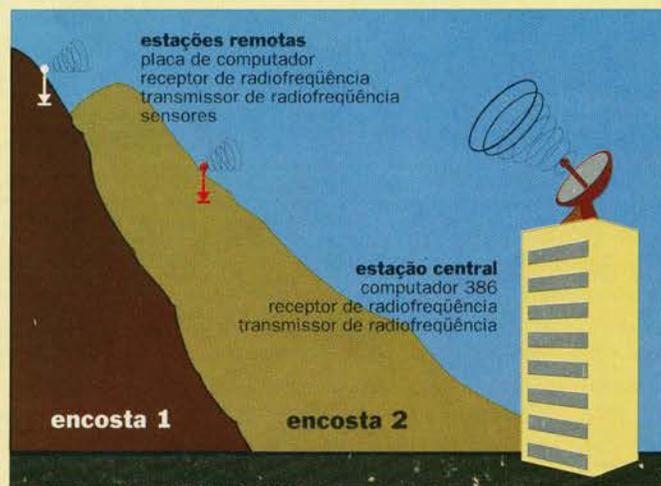
As estações remotas podem ser instaladas em locais de risco. Elas são formadas por uma placa de computador, guardada em uma caixa de metal vedada. A cada 15 minutos, a placa transmite automaticamente, via rádio, os dados recolhidos por dois tipos de sensores. Na estação central, os dados são arquivados em um computador PC 386.

O técnico pode acessar instantaneamente a estação remota para obter dados daquele momento. Um banco de dados permite avaliar intervalos específicos como, por exemplo, o período de chuvas do ano passado. “O software usado no Sigra é fácil de ser manipulado e os gráficos elaborados são simples de serem entendidos”, garante Carlos

José Ribas d’Ávila, responsável pelo Laboratório GEMD/Eletrônica.

São usados dois tipos de sensores: um para medir a quantidade de chuvas e outro para registrar a temperatura. Breve, os técnicos poderão contar também com sensores para avaliar o deslocamento de terras e a pressão do nível da água sob o solo.

A instalação do sistema do GEMD custa entre US\$ 5 mil e US\$ 7 mil por estação remota, preço que inclui software e estação central. Com o Sigra, cobre-se um raio de 50 km. A linha telefônica para transmitir dados pode aumentar essa distância, mas em geral é afetada em épocas de chuvas. O uso de satélites, que ampliaria o sistema para todo o Brasil, aumenta substancialmente os gastos: cada estação remota sai entre US\$ 25 mil e US\$ 45 mil.



Publicada mensalmente sob a responsabilidade da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

**Secretaria:** Av. Venceslau Brás, 71, fundos, casa 27, Rio de Janeiro, CEP 22290-140. Tel.: (021) 295-4846. Fax: (021) 541-5342.

**Editores:** Ennio Candotti (Instituto de Física/UFJR), Roberto Lent (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Ildeu de Castro Moreira (Instituto de Física/UFRRJ), Luiz Drude de Lacerda (Instituto de Química/UFF), Yonne Leite e Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRRJ), Marília Martins da Costa Cruz (secretária).

**Conselho Editorial:** Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq), Alzira de Abreu (Centro de Pesquisa e Documentação em História Contemporânea do Brasil/FGV), Ângelo Barbosa Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), Carlos Morel (Fundação Oswaldo Cruz/RJ), Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica/UFRRJ), José C. Maia (Instituto de Química/USP), Otávio Velho (Museu Nacional/UFRRJ), Reinaldo Guimarães (Instituto de Medicina Social/UERJ), Sonia de Campos Dietrich (Instituto de Botânica/SP).

**Diretor:** José Monserrat Filho.

**Redação:** Marília Mendes Pessoa (coord. editoria de texto); Soraya Araujo (secretária); Maria Ignez Duque Estrada (edição de texto); Cássio Leite Vieira (coord. de jornalismo); Luisa Massarani (repórter); Micheline Nussenzveig (internacional).

**Edição de Arte:** João de Souza Leite (direção de arte); Ana Claudia Ribeiro e Claudia Fleury (programação visual); Carlos Henrique V. dos Santos e Luiz Baltar (desenhos e produção gráfica).

**Administração:** Adalgisa M.S. Bahri (gerente), Neuza Luiza de S. Soares, Arino de Souza Dias, Pedro Paulo de Souza, Ailton Borges da Silva, Marly Onorato, Luciene de Santos Azevedo, Márcio de Souza.

**Departamento Comercial e Assinaturas:** Álvaro Roberto S. Moraes (diretor); Irani F. Araújo (secretária); Maria Lúcia da G. Pereira, Francisco Rodrigues Neto, Guilherme Frederico da Silva (atendimento ao assinante); Moisés V. dos Santos, Delson Freitas, Daniel V. dos Santos, Jorge Noé Lopes Carmo, Márcia Cristina Gonçalves da Silva, Manoel Antonio G. Aguiar (expedição); tel.: (021) 295-6198.

**Colaboraram neste número:** Ricardo Menandro (edição

de texto); Elisa Sankuevitz (revisão); Luiz Fernando P. Dias (analista de sistema).

**Conselho Científico:** Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração/UFRRJ), Antônio Barros de Ulhoa Cintra (Hospital das Clínicas/USP), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Carolina Bori (Instituto de Psicologia/USP), Crodovaldo Pavan (Instituto de Biologia/Unicamp), Dalmo Dallari (Faculdade de Direito/USP), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicobiologia/EMP), Fernando Gallembek (Instituto de Química/Unicamp), Francisco Weyffort (Faculdade de Filosofia/USP), Gilberto Velho (Museu Nacional/UFRRJ), Herbert Schubart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Herman Lent (Departamento de Biologia/Universidade Santa Úrsula), João Steiner (Instituto de Pesquisas Espaciais), José Antônio Freitas Pacheco (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), José Goldenberg (Instituto de Física/USP), José Reis (SBPC), José Ribeiro do Valle (Departamento de Farmacologia/EPM), José Seixas Lourenço (Instituto de Geociências/UFPA), Luis de Castro Martins (Laboratório Nacional de Computação Científica/CNPq), Miguel Covian (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP), H. Moysés Nussenzveig (Departamento de Física/PUC-RJ), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética/UFRRJ), Oscar Sala (Instituto de Física/USP), Oswaldo Porchat Pereira (Dep. de Filosofia/USP), Otávio Elísio Alves de Brito (Instituto de Geociências/UFMG), Ricardo Ferreira (Departamento de Química Fundamental/UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), Telmo Silva Araújo (Departamento de Engenharia Elétrica/UFPR), Warwick E. Kerr (Univ. Fed. de Uberlândia/MG).

**Sucursal Belo Horizonte:** Ângelo B. Machado, Roberto Barros de Carvalho, Marise de Souza Muniz - Depto. de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG, C. Postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, tel.: (031) 443-5346.

**Sucursal Brasília:** Margaret Marmori - Edifício Multi-uso I, Bloco C, térreo, sala CT65, Campus Universitário, UnB, C. Postal 04323, CEP 70910-900, Brasília, DF, tel. e fax (061) 273-4780.

**Sucursal Recife:** Luiz Antonio Marcusch, Angela Weber - Av. Luís Freire s/nº, CCN, Área I, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE, tel. e fax: (081) 453-2676.

**Sucursal São Paulo:** José Carlos C. Maia, Jesus de Paula Assis, Alfonso Bainy, Marcelo Christoff, Maria Cristina Avelar,

Paulo Cesar Nogueira, Soraya Smaili, Gláucio C. Lobão - Av. Prof. Luciano Gualberto, 374, 3º andar, Prédio da Antiga Reitoria. Cidade Universitária, USP, CEP 05340-901, São Paulo, SP, tel.: (011) 818-4192/814-6656.

**Correspondentes: Porto Alegre:** Ludwig Buckup - Dep. de Zoologia, UFRGS, Av. Paulo Gama, 40, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 228-1633, r. 3108. **Curitiba:** Glaci Zancan - Dep. de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Campus Universitário Jardim das Américas, CEP 81530-900, Curitiba, PR, tel.: (041) 266-3633 ramal 184. **Maceió:** Marize Primola Pedrosa - Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Alagoas, Praça Afrânio Jorge, s/n, CEP 57072-970, Maceió, AL, tel.: (082) 223-5613 ramal 082. **Campina Grande:** Mário de Souza Araújo Filho - Dep. de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, Rua Nilda de Queirós Neves, 130, CEP 58108-670, Campina Grande, PB, tel.: (083) 321-0005.

**Correspondente em Buenos Aires:** Revista *Ciencia Hoy*, Corrientes 2835, Cuerpo A, 5º A, 1193, Capital Federal, tels.: (00541) 961-1824, 962-1330.

**Assinaturas para o exterior (11 números):** US\$ 100 (via aérea).

**Editoração eletrônica:** Ana Claudia Ribeiro (coordenação). **Fotolito:** Studio Portinari Matrizes Gráficas. **Impressão:** Bloch Editores S.A. **Distribuição em bancas:** Fernando Chinaglia Distribuidora S.A., Rio de Janeiro (exclusiva em todo o território nacional). **ISSN-0101-8515.**

**Colaboração:** Para a publicação desta edição, *Ciência Hoje* contou com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ).

**Publicidade: Rio de Janeiro:** Álvaro Roberto S. Moraes, tel.: (021) 295-4846, 295-6198, fax (021) 541-5342. **Brasília:** Deusa Ribeiro, tel.: (061) 577-3494, fax: (061) 273-4780.



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franca e aberta ao público em geral. Atuando de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência Hoje* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1990-).

Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

**Sede nacional:** Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 34-7998/214-2879/255-8175, fax: (011) 36-1002.

**Regionais:** **AC** - Depto. de Economia/UFAC, C. Postal 128, CEP 69900-000, Rio Branco, AC, tel.: (068) 226-1422, r. 134, fax: (068) 226-3017 (Reginaldo Fernando de Castela); **AL** - Centro de Ciências Biológicas/UFAL, Praça Agrário Jorge, s/nº, Prado, CEP 57010-000, Maceió, AL, tel.: (082) 223-5613 (Winston Menezes Leahy); **AM** - Depto. de Ciências da Saúde/INPA, C. Postal 478, CEP 69011-000, Manaus, AM, tel.: (092) 642-3377, r. 178/642, fax: (092) 642-3440 (Wanderli

Pedro Taddei); **BA** - Instituto de Física/UFBA, Rua Caetano Moura, 123, Federação, CEP 40210-350, Salvador, BA, tels.: (071) 247-2033/247-2343/247-2483 (Alberto Brum Novais); **CE** - Depto. de Ciências Sociais e Filosofia/UFCE, Av. da Universidade, 2762, Benfica, CEP 60020-180, Fortaleza, CE, tel.: (085) 243-2747, fax: (085) 243-2514 (Maria Sulamita de Almeida Vieira); **DF** - Depto. de Sociologia, Instituto de Ciências Humanas/UnB, Campus Universitário, CEP 70910-900, Brasília, DF, tels.: (061) 348-2788/348-2389 (Ana Maria Fernandes); **GO** - Departamento de Física/UFGO, C. Postal 131, CEP 74580-000, Goiânia, GO, tel.: (062) 205-1000, r. 168 (Fernando Pellegrini); **MA** - Depto. de Biologia/UFMA, Largo dos Amores, 21, CEP 65020-000, São Luís, MA, tel.: (098) 232-3360 (Munilo Sérgio Drummond); **MS** - Depto. de Biologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde/Fundação UFMS, Campus Universitário, CEP 79069-900, Campo Grande, MS, tel.: (067) 751-1746 (Antonio Carlos Marini); **PA** - Depto. de Geofísica, Centro de Geociências/UFPA, C. Postal 1611, CEP 66001-000, Belém, PA, tels.: (091) 229-5438 ou 229-1811, r. 26, fax (091) 229-9677 (Jacira Felipe Beltrão); **PB** - Dep. de Eng. Elétrica, Centro de Ciências e Tecnologia/UEPB, Rua Ayrigo Veloso, 882, Bodocongo, CEP 58109-000, Campina Grande, PB, tel.: (083) 333-1000 (Mário de Souza Araújo Filho); **PE** - Depto. de Física/UFPE, Av. Prof. Luiz Freire, s/nº, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE, tel.: (081) 271-8450, fax: (081) 271-0359; **PI** - Depto. de Física do CCN/UFPI, Campus Universitário do Ininga, CEP 64000-000, Teresina, PI, tel.: (086) 222-1211, r. 283 (Paulo Rômulo de Oliveira Frotas); **PR** - Depto. de Métodos e Técnicas da Educação/UFPR, Rua General Carneiro, 460, sala 504, CEP 80060-150, Curitiba, PR, tel.: (041) 264-2511, r. 278 (Araci Asinelli da Luz); **Londrina** (seccional) - Depto. de Biologia Geral/UE de Londrina, C. Postal 6001, CEP 86051-000, Londrina, PR, tel.: (0432) 21-2000, r. 417/527 (Ilce Maria de Syllos Colus); **Maringá** (seccional) - Depto. de Biologia Celular e Genética/UE de Maringá, Av. Colombo, 3690, CEP 87020-900, Maringá, PR, tels.: (0442) 26-2727, fax: (0442) 22-2754 (Paulo Cezar de

Freitas Mathias); **RJ** - Instituto de Medicina Social/UERJ, Maracanã, CEP 20559-900, tels.: (021) 284-8249 ou 284-8322, r. 2303 (Reinaldo Felipe Nery Guimarães); **RN** - Depto. de Arquitetura/UFRRN, C. Postal 1699-000, CEP 59072, Natal, RN, tel.: (084) 231-0664, fax: (084) 231-1699 (Ari Antonio da Rocha); **RO** - Depto. de Ciências Biomédicas/UFRO, CEP 78998-000, Porto Velho, RO, tel.: (069) 221-5622, fax: (069) 224-3093 (Elizabeth Antonia L. de M. Martinez); **RS** - Depto. de Zoologia/UFRRS, Av. Paulo Gama, 40, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 228-1633, r. 3108 (Ludwig Buckup); **Pelotas** (seccional) - Depto. de Matemática/UFPEL, Campus Universitário, CEP 96010-900, Pelotas, RS, tel.: (0532) 25-3455 (Lino de Jesus Soares); **Rio Grande** (seccional) - Depto. de Oceanografia/Fundação Universidade do Rio Grande, C. Postal 474, CEP 96200-000, Rio Grande, RS, tel.: (0532) 32-3300 (Norton Mattos Giauca); **Santa Maria** (seccional) - Depto. de Física/UFMS, Campus Universitário, CEP 97119-900, Santa Maria, RS, tel.: (055) 226-1616, r. 213 (Cláudio de Oliveira Graça); **SC** - Coordenadoria Especial de Farmacologia, CCB/UFSC, Rua Dr. Ferreira Lima, 26, Centro, CEP 88015-420, Florianópolis, SC, tels.: (0482) 33-9491, fax (0482) 22-4164 (Therezinha Christina M. de Lima Nogueira); **SE** - CCET/UFSE, Campus Universitário, CEP 49000-000, Aracaju, SE, tel.: (079) 224-1331 (José Daltro Filho); **SP** (subárea I) - Depto. de História, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP, C. Postal 8105, CEP 05508-000, São Paulo, SP, tels.: (011) 210-2217/210-2314 (Zilda Márcia Gricoli Iokoi); **SP** (subárea II) - Depto. de Genética/ESALQ, C. Postal 83, CEP 13400-000, Piracicaba, SP, tels.: (0194) 33-0011, r. 4125, fax: (0194) 22-5925 (Maria Lúcia Carneiro Vieira); **SP** (subárea III) - Depto. de Educação/Unesp, Campus Universitário, CEP 18610-000, Botucatu, SP, tel.: (0149) 22-0555, r. 2232 (Alfredo Pereira Junior); **SP** (subárea IV) - DCCV, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp, Rodovia Carlos Tonani, s/nº, km 5, CEP 14870-000, Jaboticabal, SP, tel.: (0165) 22-4000 (Áureo Evangelista Santana).

# APOIO ÀS UNIVERSIDADES PELA FINEP: LIÇÃO A SER APRENDIDA

O modelo de financiamento às pesquisas visando alargar as fronteiras do saber foi desenvolvido ao longo de 25 anos. Nos países em desenvolvimento, o modelo amadurecido nestes anos tem servido de base para muitas instituições. A presença da Finep se faz sempre nos segmentos mais distintos da ciência pura e aplicada. A qualidade do grupo de pesquisas é o marco da seletividade. O apoio contínuo e a seleção para a excelência têm sido a marca registrada da Finep. Os resultados são facilmente identificáveis e mensuráveis.

As idéias e os conhecimentos não podem ficar circunscritos aos limites da academia.

É preciso criar condições para a contínua expansão do conhecimento. Porém, necessitamos alimentar a sociedade com o potencial inestimável do saber para a solução de problemas que afetam o bem-estar e a segurança do indivíduo.

O planejamento estratégico aposta na crescente valorização do conhecimento e na importância de agregá-lo aos produtos oferecidos à sociedade.

A universidade, como sua fonte, é apoiada e continuará a sê-lo de forma intensa nos anos que se seguirão. O conhecimento será a alavanca para a mudança de nosso país.



FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA



# PRÊMIO EDITORIAL SEBRAE QUEM É MICRO E PEQUENA EMPRESA NO BRASIL

O talento é seu.  
O sucesso é de todos nós.

Buscar idéias e projetos que possam contribuir para fortalecer os nossos pequenos negócios.

Com geração de novas soluções tecnológicas e gerenciais.

Com análise da história, da situação atual e das perspectivas de um dos mais relevantes setores da economia nacional.

Com a divulgação de "cases" de sucesso empresarial. Esse é o objetivo do Prêmio Editorial Sebrae "Quem é Micro e Pequena Empresa no Brasil".

Se você é jornalista, consultor, professor, estudante universitário ou possui uma pequena empresa, você pode concorrer a valiosos prêmios.

E ter o seu trabalho publicado pela Edição Sebrae. Participe.

Pegue o regulamento no SEBRAE do seu estado.

O futuro da Pequena Empresa está em suas mãos. Prêmio Editorial Sebrae.

O talento é seu.

O sucesso é de todos nós.



**Quem é Micro  
e Pequena Empresa  
no Brasil**

## CATEGORIA DESENVOLVIMENTO DA MICRO E PEQUENA EMPRESA

- 1º Colocado: equivalente a US\$ 8,000.00
- 2º Colocado: equivalente a US\$ 6,000.00
- 3º Colocado: equivalente a US\$ 4,000.00

## CATEGORIA PÓS-GRADUAÇÃO

- 1º Colocado: equivalente a US\$ 5,000.00
- 2º Colocado: equivalente a US\$ 3,000.00
- 3º Colocado: equivalente a US\$ 2,000.00

## CATEGORIA INCENTIVO UNIVERSITÁRIO

- 1º Colocado: equivalente a US\$ 4,000.00
- 2º Colocado: equivalente a US\$ 2,000.00
- 3º Colocado: equivalente a US\$ 1,500.00

## CATEGORIA "EMPRESÁRIOS DE SUCESSO"

- 1º Colocado: equivalente a US\$ 9,000.00
- 2º Colocado: equivalente a US\$ 6,000.00
- 3º Colocado: equivalente a US\$ 4,000.00

Informação na mão. Isto é o **SEBRAE**

