

ENCARTE  
INFANTIL

# CIÊNCIAHOJE

Revista de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência Vol. 9 N° 54 Junho de 1989 NCz\$ 6,00

APROVEITAMENTO DA  
ENERGIA SOLAR

CONTROLE DE  
REMÉDIOS NO BRASIL

Manaus e Rio Branco (via aérea) NCz\$ 7,80



A ARTILHARIA DOS BESOUROS

- 
- Reserva mineral inesgotável
  - Verticalização plena da produção
  - Tecnologia própria
  - Valorização do meio ambiente
  - Amplo programa social
  - Centro de informação técnica do nióbio
  - Presença técnica e comercial em 45 países

COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO



**COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO**

**Sede:**

Córrego da Mata, s/nº - Caixa Postal, 8 - 38180 - Araxá - MG.  
Fone: (034) 661.5544 - Telex: (341) 204 CBMM BR

**Escritórios:**

Av. Presid. Juscelino Kubitschek, 1703  
Caixa Postal, 19140 - 04553 - São Paulo - SP.  
Fone: (011) 814.0022 - Telex: (11) 83683 CBMM BR

Rua Guajajaras, 40 6º andar sl. 4 - 30180 - Belo Horizonte - MG.  
Fone: (031) 226.2811 e 226.2120 - Telex: (39) 1896 CBMM BR



ilustração Fatima Nobrega

## NATALIDADE

Não gostei do artigo 'A explosão demográfica que não houve'. Pareceu-me um desserviço à causa do planejamento familiar em nosso país. Mesmo que não tenha havido o *big bang* populacional (...), já não temos condições de alimentar — convenientemente — a 140 milhões, e o articulista nos acena com uma possível estabilização em torno dos 240 milhões no século XXI! O Canadá e a Austrália, com 28 e 17 milhões de habitantes e enormes extensões territoriais, são países com excelente nível socioeconômico. O que vale é a qualidade, não a quantidade. Nossas ruas, peçadas de mulheres miseráveis cercadas de crianças famintas, bem mostram que o crescimento populacional em nosso país não se processa normalmente.

**Roberto Rodrigues, Rio de Janeiro**

Fiquei sem saber se o autor do artigo 'O mito da explosão demográfica' (*Ciência Hoje* n.º 51), George Martine, é contra ou a favor do controle de natalidade. (...) O exagerado crescimento demográfico brasileiro nunca foi um mito. Chamá-lo de 'explosão' ou outro nome qualquer não vem ao caso. Mas quando, em 1970, o Brasil se sagrou tricampeão mundial de futebol, a canção dizia '90 milhões em ação'. Hoje, apenas 19 anos depois, seriam '140 milhões em ação', e no ano 2000, 180 milhões, conforme projeções do IBGE, ou 170 milhões, como diz o sr. Martine. O fato é que a população brasileira dobrará em 30 anos. É evidente que enquanto a taxa de crescimento não chegar a zero, a população continuará a crescer, com todos os inconvenientes resultantes, principalmente levando-se em conta os poucos recursos financeiros do país. (...) Enquanto houver uma população jovem emergente muito superior à que se aposenta, os governantes jamais reduzirão o número de funcionários nas repartições, pois sabem que a crise de desemprego no Brasil pode levar ao caos (...).

**Vinícius Parizzi, Belo Horizonte**

Quero manifestar minha concordância com o artigo 'A explosão demográfica que não houve'. O grande problema do nosso país não é a sua população, mas a concentração dessa população nas grandes cidades, consequência sobretudo da falta de uma reforma agrária, que assegure a terra a quem trabalhar nela. Enquanto perdurar o modelo da 'agricultura para exportação', proliferarão no campo os bóias-frias, enquanto na cidade irá engrossando o exército dos miseráveis.

**Diogo Feijó, São Paulo**

• *George Martine, autor do artigo, responde:*

*A idéia de que populações menores, ou de crescimento mais lento, têm maior nível de bem-estar é, sem dúvida, atraente. Sugere que uma redução da natalidade levaria necessariamente a uma melhoria das condições de vida das pessoas. Depois da derrota de tantas panacéias sociais nos últimos anos, a solução demográfica se apresenta como particularmente sedutora. Mas, como muitas idéias simplistas, ela é incorreta. Parece útil recordar alguns pontos centrais a respeito.*

*1) A queda da natalidade apresentada pelo Brasil nos últimos 20 anos é uma das mais rápidas já verificadas na história demográfica mundial, entre países de dimensões continentais. Essa foi conseguida não por políticas de controle, mas por profundas transformações na sociedade. Uma redução significativamente mais rápida no futuro só seria conseguida por meios coercitivos.*

*2) Os quantitativos relativamente elevados de população 'final' previstos para o Brasil já são praticamente definidos. Isto porque o crescimento demográfico é imbuído de uma forte inércia, devido aos impactos de padrões demográficos anteriores sobre a estrutura etária. Como a mortalidade e a fecundidade já se situam em patamares relativamente baixos, o significado de futuras quedas é inerentemente limitado.*

*3) O nível de bem-estar de uma população não depende, predominantemente, do seu tamanho ou*

*ritmo de crescimento. As implicações da dinâmica demográfica são complexas e se subordinam aos condicionantes históricos e ao estilo de desenvolvimento de uma sociedade. Haja vista o exemplo da Argentina que apresenta, há várias décadas, uma taxa reduzida de crescimento populacional.*

*4) O planejamento familiar (distinto do controle de natalidade) é um direito humano básico: o de separar sexualidade de procriação e de planejar a prole de acordo com as condições e aspirações de cada um. Muito precisa ser feito para humanizar as práticas de planejamento familiar em uso no Brasil. Porém não se deve imaginar que isso eliminará a pobreza. O contingente de pessoas que passou a fazer um planejamento da sua prole nos últimos 20 anos é enorme; entretanto, dois terços da população brasileira continuam vivendo na pobreza.*

## CORREÇÕES

Com referência à excelente entrevista do professor Francisco Magalhães Gomes, publicada no n.º 52 de *Ciência Hoje*, indago se, porventura (ou desventura), houve algum equívoco em sua transcrição, ou seja, à página 70, onde se lê "... o Poincaré, por exemplo, que é um pesquisador muito bom, define Galileu como um platonista", não se deveria ler: "o Koyré... etc." **Isaac Epstein, São Paulo**

• *O leitor tem razão. Na transcrição da fita da entrevista do professor Magalhães Gomes, confundimos o físico e matemático Henri Poincaré (1854-1912) com o filósofo e historiador da ciência Alexandre Koyré (1892-1964). Foi este último que discutiu a relação de Galileu com o platonismo, especialmente em seus Estudos galilaicos, traduzidos para o português pela editora Don Quixote.*

No primeiro parágrafo do artigo 'Contaminado: Chagas', de minha autoria, publicado em *Ciência Hoje* n.º 52, p. 62, a expressão 'transplante de órgãos' foi incorretamente substituída por 'transfusão de órgãos'. **Zigman Brener, Centro de Pesquisas René Rachou/Belo Horizonte**



20

---

**CARTAS DOS LEITORES**

1

---

**AO LEITOR**

7

---

**TOME CIÊNCIA**

8

Certas ligas metálicas apresentam 'efeito de memória': depois de deformadas, recuperam suas dimensões originais por meio de aquecimento moderado, sem necessidade de aplicação de força. Por Margareth Spangler de Andrade.

Rogério Meneghini discute estratégias para evitar os efeitos malignos das espécies ativas de oxigênio, produzidas pelo metabolismo das células.

---

**UM MUNDO DE CIÊNCIA**

13

Em situações geradoras de ansiedade, aumenta o fluxo sanguíneo nos pólos do lobo temporal em ambos os hemisférios cerebrais. Por Frederico G. Graeff.

Em uma população animal, a proporção entre machos e fêmeas tende a oscilar em torno do equilíbrio. Maeve Brito de Mello descreve mecanismos de compensação que contrabalançam eventuais afastamentos da razão 1:1.



44

---

**O LEITOR PERGUNTA**

18

O que determina o sexo de uma pessoa? Iêda Maria Orioli responde, apresentando alguns modelos usados pelos geneticistas contemporâneos para explicar essas questões.

---

**ARTIGOS**

**FÁRMACOS À DERIVA**

20

César Benjamin, Sergio Portella e Maria Ignez Duque Estrada

**RISCOS DE UM RÁPIDO BRONZEAMENTO**

Carmen Boto Querol e João Antônio Pêgas Henriques

**NECESSIDADE E MÉTODOS DE FARMACOVIGILÂNCIA**

30

Joan-Ramon Laporte e Dolors Capellà

O Estado brasileiro é pouco mais que omissor em relação a um assunto que interfere diretamente na qualidade de vida da população: a produção e comercialização de medicamentos. As medidas recentes não resolvem o problema.

## ELETRICIDADE SOLAR 32

**Ivan Chambouleyron**

Passado o tempo do petróleo farto e barato, reforçam-se as tendências ao pluralismo tecnológico na área de geração de energia. O velho Sol é uma das fontes alternativas para a produção de eletricidade.

## A HISTÓRIA DO VELHO BRASIL 40

**Pedro Ignácio Schmitz**

Bandos móveis e pouco densos, dedicados à caça e coleta, povoavam nosso território há vários milhares de anos, formando várias tradições culturais. A forma como representavam o mundo está indicada em pinturas de diversos estilos.

## BESOUROS-BOMBARDEIROS 50

**Klaus Zinner**

Eles são excelentes artilheiros. Quando atacados, disparam, sobre os predadores, uma sucessão de jatos quentes de água misturada a compostos químicos irritantes.

---

## RESENHA 58

Aécio Pereira Chagas comenta duas 'preciosidades' de H. Rheinboldt, lançadas num mesmo volume: *História da balança e a vida de J.J. Berzelius*.

---

## OPINIÃO 60

A pesquisa em contracepção sempre navegou em mares carregados de ideologia e idéias preconcebidas. Por Carmen Lúcia de Melo Barroso.

---

## É BOM SABER 68

Sâmia Maria Tauk mostra que, dependendo de certas condições, a vinhaça pode ser considerada como resíduo ou como subproduto do álcool.

As operações de salvamento precisam integrar-se a estratégias que garantam a sobrevivência dos animais resgatados. Por Paulo R. F. Carneiro.

A introdução do peixe-paráíso auxilia o controle biológico da população de insetos em represas paulistas. Por Vera Rita da Costa.

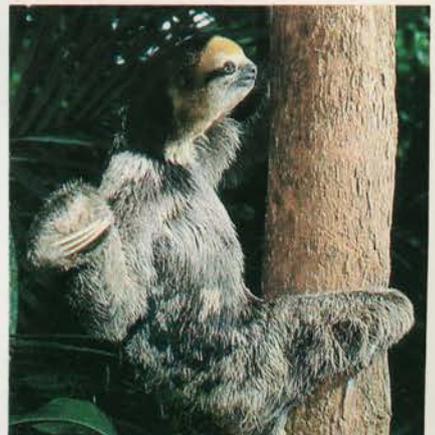
Newton Silveira discute condições para que o Brasil reconheça patentes nas indústrias farmacêutica, alimentícia e biotecnológica.

---

## CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS (ENCARTE)



51



74

**BNDES.  
AGORA TAMBÉM  
PARA EMPRESÁRIOS  
QUE TÊM PRESSA.**

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social mudou porque a economia brasileira está mudando.

Agora, chegou a hora das decisões mais rápidas, com uma estrutura mais compacta, mais moderna, que permite a agilização das rotinas internas.

Apenas seis áreas operacionais atenderão toda a demanda do mercado.



Assim, o Sistema BNDES continuará atendendo às necessidades de investimentos e crescimento das empresas essenciais ao desenvolvimento dos diversos setores industriais. Mas sem se descuidar das demandas geradas pela nova realidade da economia brasileira.

Se você também tem pressa, junte-se aos milhares de empresários que têm encontrado no BNDES um parceiro dedicado a promover o desenvolvimento econômico e social da nação brasileira.

Estrutura mais compacta, agilidade, decisões mais rápidas.

Este é o presente que o BNDES tem para o empresariado nacional ao completar 37 anos de atividades.



**SISTEMA BNDES**  
**BNDES**  
**FINAME**  
**BNDESPAR**  
Secretaria de Planejamento  
e Coordenação — SEPLAN

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL  
Nosso nome é nosso compromisso

GOVERNO FEDERAL  
TUDO PELO SOCIAL

# DÓLAR TURISMO É NO BANESPA. AQUI E NO EXTERIOR.

Na compra de dólar turismo, o melhor negócio está no Banespa, aqui e no exterior.

Com o seu passaporte e a passagem você adquire até US\$ 4 mil. E ganha a vantagem da segurança e tranquilidade. Segurança, porque você pode remeter ordens de pagamento para a nossa rede externa e viajar sem preocupações. E tranquilidade, porque conta com a eficiência e a completa assessoria do Banespa.

Tudo isso com um atendimento tão hospitaleiro que você se sentirá em casa, mesmo que esteja em outro país.

Na volta, se precisar reverter qualquer moeda, o Banespa também faz. Na hora, sem burocracia.

Por isso, inclua o Banespa em seu roteiro. É o melhor negócio.

**banespa**  
O BANCO FORTE

## CARTA AO SENHOR PRESIDENTE\*

*Este é tempo de partido  
tempo de homens partidos*

Triste é a terra que o receberá, senhor presidente. Miserável é o estado de seu povo. Traído, sem esperanças. Os pobres são maioria. Há fome, devastação. A justiça é desconhecida. A violência decide nas cidades e nas fronteiras. Os fins justificam os meios. Há dívidas imensas que não podem ser pagas. A ética e as finanças estão falidas. Consomem-se as últimas sementes, esgotam-se as reservas. Haverá alimentos no próximo ano para nosso povo?

*Os homens pedem carne, fogo, sapatos*

Contrastes. Sabemos que há colheita, mas só para alguns (as exportações alcançam níveis notáveis). Itaípu funciona, a produção industrial se mantém, estradas e aeroportos estão saturados. Grandes lucros são negociados na Bolsa.

*Este é tempo de divisas  
tempo de gente cortada*

Pergunta-se, então: por que continuamos a viver em uma terra devastada? A razão política, as teorias econômicas, o interesse social não explicam. Quanta imaginação será necessária para encontrar as respostas?

*Calo-me, espero, decifro  
As coisas talvez melhorem  
São tão fortes as coisas*

Tentemos definir as perguntas. Na busca de referências, na determinação de prioridades, muitos — todos — querem participar e, entre eles, nós, professores e pesquisadores. É parte do nosso ofício e, mais do que isso, é nosso dever social. Senhor presidente, a ciência nos reserva surpresas. Um mesmo hectare de terra pode render cem vezes menos ou cem vezes mais, conforme, por exemplo, a semente. Saber produzi-la dá à questão agrária — e à da fome — uma nova dimensão. É um exemplo entre outros: na produção de um *chip* apenas 2% é matéria-prima; o resto é inteligência e perseverança.

*Mas eu não sou as coisas e me revolto  
Tenho palavras em mim buscando canal*

Os benefícios da educação, da ciência e da tecnologia precisam ser difundidos. Para isso, precisamos de mais pesquisadores, técnicos, médicos, engenheiros e professores. Quantos? Como multiplicá-los?

Hoje, pagamos pelo *know-how*, mas ele não se compra, não se transfere. Ele se cria em laboratórios bem equipados, informados e competentes. Continuaremos importando?

*São roucas e duras  
irritadas, enérgicas  
comprimidas há tanto tempo  
perderam o sentido  
apenas querem explodir*

Ciência é problema de todos. Para o bem e para o mal. Há o 'desemprego tecnológico'. Há a necessidade de fiscalizar os desmandos (por exemplo, na produção abusiva de fármacos). É preciso democratizar as informações de todos os tipos. Como encarar essas questões? Como fiscalizar os fiscais? Como garantir o exercício pleno e efetivo de uma cidadania hoje negada a maiorias e minorias?

*Este é tempo de divisas  
tempo de gente cortada.  
De mãos viajando sem braços  
obscenos gestos avulsos*

A democracia respeita as diferenças. São muitas as histórias, a natureza é diversa, múltipla a cultura. Convivem numa mesma terra. Convivem? Temos memória? Temos memórias? Da terra devastada? Que pensa fazer com a Amazônia — para ficar em mais um exemplo —, senhor presidente? O senhor sabe que o Instituto de Pesquisas da Amazônia, maduro de 40 anos, apenas sobrevive? Sabe que ali e em outros lugares falta continuidade aos trabalhos e se perdem cientistas novos e antigos? Sabe quanto tempo é preciso para formar um só deles? Sabe que dependemos também deles para entender aquela (nossa) terra?

Hoje são poucos e pobres os professores e as escolas de ensino básico. A educação é prioritária. Mais que a ciência? Como vamos melhorar as sementes, se nossa gente não sabe ler, escrever e multiplicar?

Educação, ciência, cultura e tecnologia crescem juntas — ou não crescem. Delas depende o futuro — ele existe.

*E continuamos. É tempo de muletas  
Tempos de mortos faladores  
e velhas paralíticas, nostálgicas de bailado  
Mas ainda é tempo de viver e contar.*

Nosso tempo,  
Carlos Drummond de Andrade

Os Editores

\* Na 41ª Reunião Anual da SBPC, em julho, realiza-se debate sobre política científica e tecnológica com os candidatos à Presidência da República.

# Ligas com memória de forma

Quando sofrem deformações, os materiais metálicos em geral só voltam à forma original se sofrerem deformações contrárias. Mas há uma exceção: uma classe especial desses materiais — as ligas com memória de forma — é capaz de recuperar suas dimensões originais por meio de um aquecimento moderado, sem necessidade de aplicação de força. Assim, se um arame de liga com memória inicialmente retilíneo é dobrado em forma de um anel, recobra a forma anterior quando aquecido de uns poucos graus. A forma ‘memorizada’ pode ser qualquer uma e é fixada por meio de um tratamento térmico adequado.

A faixa de temperatura em que o efeito ocorre e sua intensidade variam conforme

mas só após sua descoberta em ligas níquel-titânio pensou-se em dar-lhe aplicações tecnológicas. Isto porque, além de o efeito se apresentar de maneira espetacular nessas ligas, o nitinol tem excelentes propriedades mecânicas e alta resistência à corrosão. A partir de então, grande número de pesquisas foi realizado com os objetivos de compreender os mecanismos que governam esse efeito e buscar aplicações tecnológicas para ele.

As pesquisas mostraram que grande variedade de ligas, produzidas geralmente pela combinação de metais de transição e metais preciosos, apresentam o efeito memória. As mais estudadas, seja do ponto de vista acadêmico ou do tecnológico, são,

tensita se formam num arranjo que tende a minimizar a deformação introduzida na matriz pela transformação adifusional da estrutura cristalina, gerando os chamados grupos de auto-acomodação e uma microestrutura típica da martensita em materiais que apresentam memória de forma (figura 1).

Além do arranjo típico das placas, a transformação martensítica em ligas com memória tem outra característica bastante interessante: há equivalência entre tensão mecânica e temperatura, ou seja, a transformação pode ser induzida tanto pelo abaixamento de temperatura quanto pela aplicação de um esforço mecânico. Diferentemente do que ocorre com a transformação de fase do tipo água-gelo, a pressão hidrostática não induz a formação de martensita. Só um componente de tensão, responsável pela mudança de forma do material, é que provoca o aparecimento da martensita.

É nessa equivalência entre tensão e temperatura que reside a base do efeito memória. Ao ser deformado numa temperatura em que a matriz é a fase estável, o material se transforma em martensita e esta, ao ser aquecida posteriormente, reverte à fase matriz, anulando-se a deformação antes introduzida. É possível também que, se o material estiver inicialmente na condição martensítica, as placas se reorientem sob o efeito da tensão, produzindo deformação, que será então eliminada no aquecimento durante a transformação reversa.

A deformação induzida pela formação ou reorientação das placas de martensita é eliminada na transformação reversa porque a simetria da fase matriz é superior à da martensita. Assim, enquanto um monocristal da fase matriz pode transformar-se em placas de orientações diferentes, na transformação reversa todas essas placas só podem transformar-se no mesmo monocristal. Em outras palavras, a baixa simetria da martensita limita o caminho da transformação reversa, fazendo com que o efeito memória ocorra.

Grande variedade de aplicações tecnológicas tem sido proposta para as ligas com memória. Aparentemente limitadas apenas por nossa imaginação, essas aplicações exigem no entanto materiais de pequena espessura, tais como fios ou tiras. A deformação a ser recuperada via efeito memória não deve ser exagerada. No caso do nitinol, ela não deve ultrapassar 15%.



Fig. 1. Arranjo típico das placas de martensita em ligas de cobre-zinco-alumínio com efeito de memória de forma. Foto obtida por microscopia óptica com luz polarizada. Cada cor representa uma orientação cristalográfica distinta.

a liga e dependem fortemente de sua composição química. Por um simples ajuste dessa composição pode-se, portanto, obter materiais com efeito memória, capazes de recuperar as mais diversificadas formas se levados às mais diferentes temperaturas — desde as próximas à do nitrogênio líquido ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) até outras tão elevadas quanto  $300^{\circ}\text{C}$ .

O efeito despertou grande interesse no início dos anos 60, quando foi observado em liga níquel-titânio no Naval Ordnance Laboratory, da Marinha americana — daí a designação *nitinol* para essas ligas. De fato, ele já era conhecido desde os anos 30,

além das ligas Ni-Ti, aquelas à base de cobre, de manganês e de ferro.

Em todas elas o efeito de memória está associado à ocorrência de um tipo especial de transformação de fase no estado sólido: a transformação martensítica, que promove um rearranjo da estrutura cristalina durante o resfriamento. Tudo se passa numa estreita faixa de temperatura, geralmente menor que  $50^{\circ}\text{C}$ , sem a intervenção de qualquer processo de difusão atômica. A fase de alta temperatura, denominada matriz, transforma-se em martensita pelo crescimento de placas com diferentes orientações cristalográficas. Estas placas de mar-

As primeiras utilizações propostas voltavam-se para a indústria aeroespacial, como antenas hemisféricas para satélites, que pudessem ser lançadas no espaço numa forma que ocupasse pequeno volume mas fosse capaz de inflar sob a ação do calor do Sol.

Outra aplicação, que já está sendo explorada comercialmente, é a realização de conexões sem solda (figura 2), utilizadas inicialmente nas tubulações dos sistemas hidráulicos dos aviões de caça F-14. O princípio de funcionamento dessa aplicação é simples. Uma luva de liga com memória de diâmetro interno ligeiramente inferior ao dos tubos a serem conectados é alargada mecanicamente e inserida ao redor da junta. Com a elevação da temperatura, a luva se contrai, completando a conexão. Neste caso, a deformação se faz à temperatura do nitrogênio líquido e o efeito de memória ocorre quando a temperatura se eleva até a ambiente. O emprego de ligas com memória em conexões desta natureza tem revelado consideráveis vantagens sobre a soldagem convencional, uma vez que não envolve o aquecimento da peça e a criação de uma zona afetada pelo calor.

As aplicações na medicina também merecem destaque. Um filtro de liga com memória para coágulos sanguíneos pode ser injetado sob a forma de fio retilíneo no sistema venoso de um paciente, imerso numa solução que o mantenha abaixo da tempe-

Fig. 2. O segmento de maior diâmetro representa uma conexão sem solda de uma liga com memória de forma.



ratura de efeito memória até que atinja a veia cava. A temperatura do corpo é suficiente para aquecer o fio, que retoma então sua forma de filtro, impedindo que os coágulos cheguem aos pulmões e causem embolia pulmonar. A ortopedia também apresenta interessantes possibilidades de utilização para as ligas com memória. O tratamento da escoliose — anormalidade no crescimento da espinha, que faz com que esta apresente uma ou mais curvas — é um bom exemplo de utilização nessa área. Além de ser dolorosa, a escoliose afeta os órgãos internos. É geralmente tratada pela fixação da chamada barra de Harrington à coluna previamente endireitada pelo cirurgião. Com o tempo, essa barra relaxa e parte da força de correção é perdida, sendo por vezes necessária uma segunda operação. Uma barra de liga com memória inicialmente reta pode ser deformada em forma de S e presa à espinha, para solucionar esse problema. Após o processo de relaxação, a barra de nitinol pode ser aquecida de uns poucos graus dentro do corpo humano, sem que isto afete os tecidos próximos, de modo que as curvas da barra sejam atenuadas e a relaxação eliminada.

São óbvias as possibilidades de utilização das ligas com memória em sensores térmicos e elétricos, em dispositivos de segurança tais como alarme contra incêndio ou qualquer outro dispositivo que empregue o par bimetálico como elemento sensor-atuador. O processo de mudança de forma de uma liga com memória apresenta vantagens quando comparado ao do par bimetálico, que é constituído de duas placas de metal com coeficientes de dilatação térmica diferentes, soldadas uma sobre a ou-

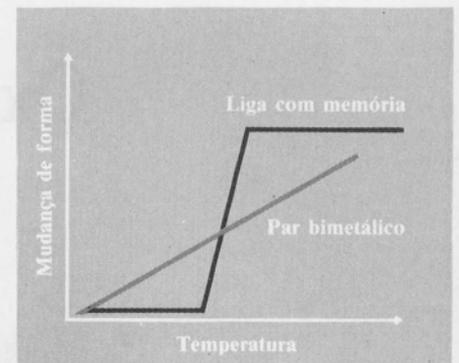


Fig. 3. Representação esquemática da mudança de forma em função da temperatura de um bimetálico e de uma liga com memória de forma.

tra. O conjunto se curva quando aquecido, porque uma das placas tende a alongar-se mais que a outra. A mudança de forma do par bimetálico é lenta e contínua: pequenas elevações de temperatura acarretam pequenas deformações do conjunto. Nas ligas com memória, a mudança de forma ocorre de modo brusco, numa faixa de temperatura estreita. A força gerada no processo de mudança de forma é significativamente superior, atingindo tensões da ordem de 50 Megapascal (o pascal é uma unidade de pressão;  $50 \text{ MPa} = 5 \text{ kgf/mm}^2$ ). Por estas características, as ligas com memória são mais versáteis que o par bimetálico no controle da temperatura, como se observa na figura 3.

Apesar do considerável desenvolvimento dos estudos das ligas com memória desde a década de 1960, que permitiram compreender e controlar as propriedades de memória dos metais e suas ligas, diversos fatores ainda dificultam a comercialização das aplicações citadas. O custo do processo é elevado, uma vez que é necessário utilizar matéria-prima de alta pureza na elaboração das ligas, proceder a um controle rígido da composição do produto e da complexidade de processamento do material. Outro aspecto é a reprodutibilidade do efeito memória no tempo, ou após ciclagens térmicas e mecânicas, já que determinadas condições de trabalho podem levar à degradação do comportamento de memória do material. Finalmente, ligas originalmente promissoras quanto ao efeito memória de forma podem não possuir outras propriedades relevantes — mecânicas, elétricas, de resistência à corrosão, entre outras —, inviabilizando-se assim sua aplicação tecnológica.

**Margareth Spangler de Andrade**

Setor de Tecnologia Metalúrgica,  
Fundação Centro de Tecnologia (Cetec),  
Minas Gerais

## Oxigênio dá câncer?



foto Marcos Vinício

Especies ativas de oxigênio (EAO) são produzidas nas células e, em certas circunstâncias, atacam o ácido desoxirribonucléico (ADN) — o material que constitui os genes — causando mutações que podem redundar em câncer (ver 'A toxicidade do oxigênio', em *Ciência Hoje* n.º 28). Normalmente, as EAO são produzidas na célula quando certas moléculas que contêm oxigênio ganham um elétron. Geram-se dessa forma o ânion radical superóxido ( $O_2^-$ ), o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$  ou água oxigenada) e o radical hidroxila ( $OH^-$ ). Em várias situações pode haver produção excessiva de EAO. Uma delas se dá durante a metabolização de inúmeros compostos que, em boa parte, integram nossa dieta normal (como quinonas e excesso de ferro). Há inclusive fortes evidências de que alguns alimentos podem ser cancerígenos justamente por provocarem a produção das EAO. Elas também proliferam em locais de inflamação, quando os glóbulos brancos do sangue são induzidos a produzi-las em grandes quantidades com a finalidade de matar as bactérias invasoras. Há indícios de que certos tipos de inflamação crônica levam à formação de tumores pela mesma razão.

Como a origem primeira desses processos malignos parece residir numa lesão produzida no ADN pelas EAO, intensificou-se o interesse por esse processo. Em nosso laboratório, no Departamento de Bioquí-

mica da Universidade de São Paulo, descobrimos que, para que as EAO produzam lesão no ADN, devem estar presentes íons de ferro na forma reduzida. De fato, estes se encontram fortemente associados à cromatina e, na presença de peróxido de hidrogênio (proveniente do próprio metabolismo celular ou de origem extracelular), geram o radical hidroxila, por meio da chamada reação de Fenton ( $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + OH^*$ ). Este último radical é extremamente ativo e ataca o ADN que está na vizinhança imediata do local onde foi gerado, produzindo assim uma lesão (figura a).

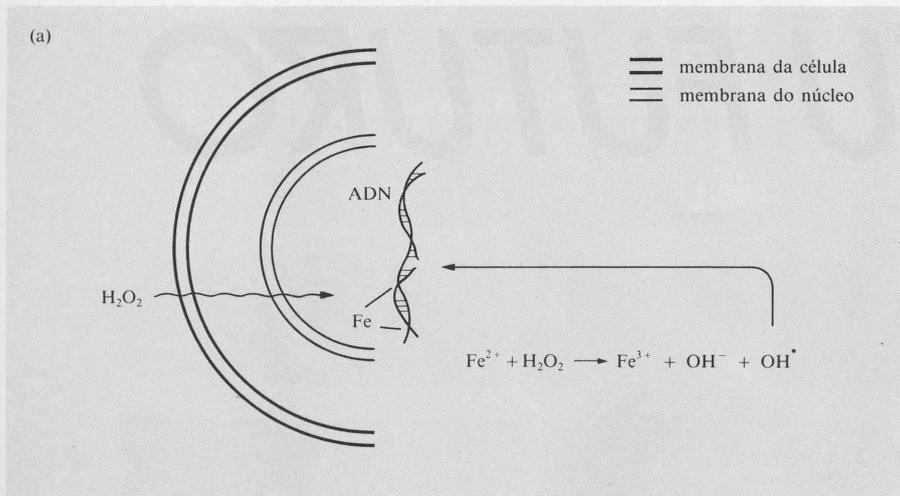
A associação ferro-cromatina é portanto potencialmente perigosa. Chega a ser estranho que sua formação seja 'consentida' pela célula, uma vez que esta tem possibilidades de 'esconder', no interior de molé-

culas protéicas chamadas ferritinas, íons de ferro que ficariam assim privados de ação, impossibilitados de participar de reações de oxirredução.

Outro aspecto importante é que esse íon de ferro é geralmente encontrado na forma  $Fe^{3+}$ ; portanto, para que a reação de Fenton ocorra, ele deve ser antes transformado em  $Fe^{2+}$ . Embora existam na célula substâncias capazes de exercer esse papel, não se sabe qual deles tem a maior atuação nesse sentido. Alberto C. Mello Filho obteve, em meu laboratório, evidências de que esse papel caberia ao radical superóxido, corroboran-

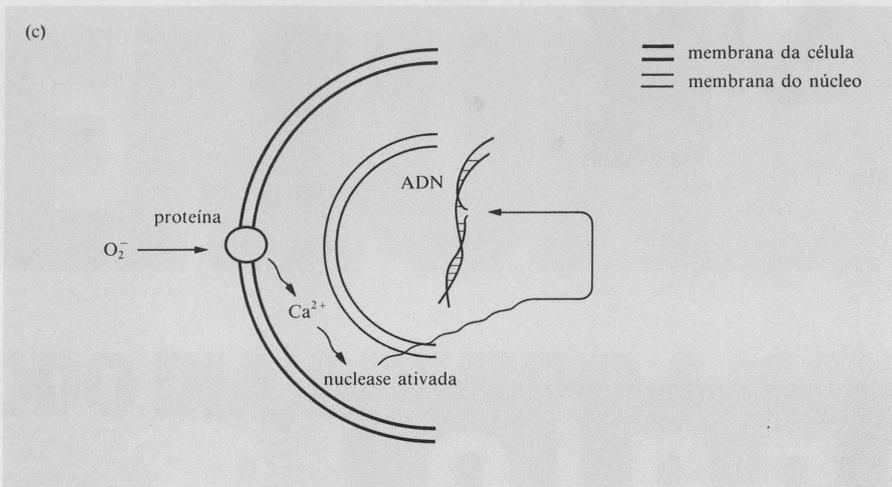
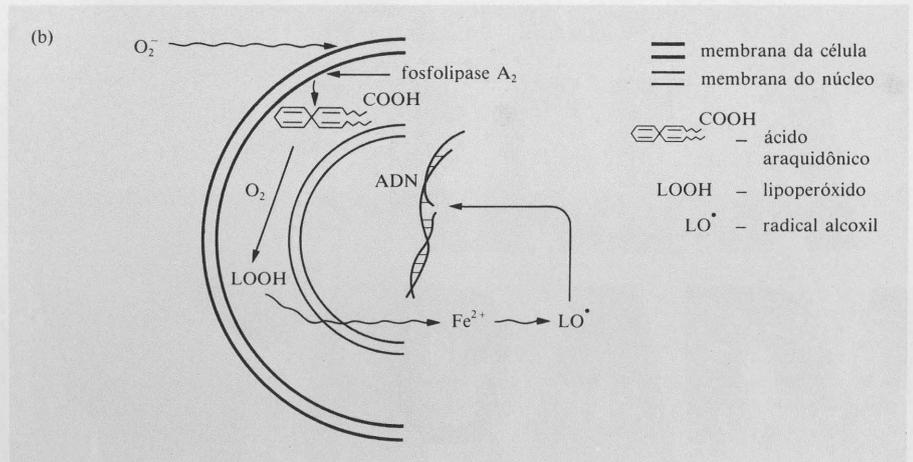
do a idéia de que a ação deletéria do superóxido decorre de sua capacidade de manter ferro celular na perigosa forma de íon ferroso ( $Fe^{2+}$ ).

O assunto foi objeto de uma revisão recente (*Science*, vol. 240, pp. 1.302-1.309), em que dois bioquímicos norte-americanos, John Imlay e Stuart Linn, apresentaram evidências de que, em bactérias, o principal responsável pela redução do ferro da forma 3+ para a forma 2+ é o chamado NADH, a molécula que a célula normalmente utiliza para transferir elétrons (do H) a uma série de substâncias (ver 'Metemoglobinemia, células sem ar', em *Ciência Hoje* n.º 32). No mesmo artigo, introduziram o curioso conceito de que o oxigênio, que afinal é o responsável pela geração das EAO, pode também oxidar  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$  pela reação  $Fe^{2+} + O_2 \rightarrow Fe^{3+} + O_2^-$  e as-



sim 'proteger' a célula contra o efeito nocivo de  $Fe^{2+}$ . Produz-se assim o radical  $OH^\bullet$ . É verdade que nessa reação se forma superóxido, que, em excesso, pode regenerar  $Fe^{2+}$  pela reação inversa. Mas como existe normalmente, na célula, a enzima superóxido dismutase (que decompõe o radical superóxido), esse perigo é diminuído.

Se íons de ferro são de fato mediadores da ação deletéria das EAO sobre o ADN, deveria ser possível 'seqüestrá-los' numa forma inativa, e assim proteger a célula. Conseguimos fazer isto em nosso laboratório utilizando a substância ortofenantrolina, que penetra na célula, liga-se ali a íons de ferro e não permite que estes participem da



**Mecanismos de quebra no ácido desoxirribonucléico (ADN) produzidos por radicais de oxigênio.** Em (a) o  $H_2O_2$  penetra no núcleo onde, reagindo com íons ferro ligados à cromatina, pode produzir radical  $OH^\bullet$ , que ataca e lesa o ADN. Neste processo é preciso que um redutor mantenha o íon ferro na forma  $2^+$ . Em (b), os radicais de oxigênio ativam a cascata de ácido araquidônico, produzindo lipoperóxidos que podem, em reações mediadas por íons ferro dentro do núcleo, lesar o ADN. Em (c), o radical superóxido pode ativar proteínas de membrana que desencadeiam um mecanismo que culmina com a ativação de nucleases e quebra do ADN.

reação de Fenton. Desse modo, pudemos verificar que, com o uso dessa substância, é possível evitar a mutação, a transformação maligna e a morte da célula causadas por EAO.

Assim, a reação de Fenton parece ser um mecanismo importante da ação de EAO sobre o ADN. Mas certamente não é o único. O grupo liderado pelo bioquímico Peter Cerutti, na Suíça, tem defendido que as EAO induzem reações de peroxidação na membrana plasmática, principalmente através do ácido araquidônico (um lipídio). Os lipoperóxidos assim formados promovem quebras de cromossomos (figura b). De fato, segundo resultados recentes, células tumorais exibem freqüentemente anomalias cromossômicas. Por outro lado, o

grupo de Chaim Birdboim, do Centro de Cancerologia de Ottawa (Canadá), mostrou que o radical superóxido gerado em outras células (por exemplo, por certos glóbulos brancos ativados) pode ativar alguma proteína da membrana capaz de sinalizar o início de uma cadeia de eventos que culmina com a liberação de íons cálcio no citoplasma e a ativação de nucleases, enzimas que produzem quebras no ADN (figura c).

A importância das espécies ativas de oxigênio na gênese do câncer está totalmente provada. Resta intensificar os estudos sobre os mecanismos de ação desses compostos sobre o ADN, de modo a chegar, finalmente, a formas de prevenção da incidência de vários tipos de tumores malignos. É mais um desafio colocado à pesquisa científica contemporânea.

**Rogério Meneghini**

Departamento de Bioquímica,  
Universidade de São Paulo

# UM PRESENTE PARA O SEU FUTURO



**anglo**  
SEMI-EXTENSIVO

## NEUROCIÊNCIA

# IMAGENS DA ANSIEDADE

Até há bem pouco tempo, estudava-se a base neural das emoções — no caso particular, da ansiedade — exclusivamente em animais de laboratório ou em pacientes submetidos a intervenções neurocirúrgicas. Contudo, os resultados obtidos em animais de laboratório nem sempre podem ser extrapolados para o homem, até mesmo porque certas formas de ansiedade (como a 'ansiedade existencial') são próprias da espécie humana, dependendo estreitamente da linguagem verbal. Por outro lado, a ética limita as possibilidades de exploração neurocirúrgica do cérebro humano. Por is-

tes processos psicológicos. Uma dessas técnicas é conhecida pela sigla PET, derivada da denominação em inglês para tomografia por emissão de pósitrons. O computador reconstrói planos de corte a partir do registro da posição de dois fótons de radiação gama, emitidos quando um pósitron ('elétron' de carga positiva) se choca com um elétron, do que resulta a aniquilação de ambos. Por isso, a PET requer a administração de isótopos emissores de pósitrons, tais como o flúor-18, o carbono-11 ou o oxigênio-15. Um voluntário ingere certa quantidade do isótopo, e é avaliado

te destinado a gerar ansiedade antecipatória. Os voluntários eram informados de que nada ocorreria durante a primeira e a terceira PET, mas que, durante a segunda, um choque doloroso lhes seria aplicado nos dedos da mão, a qualquer momento nos dois minutos subsequentes a uma injeção endovenosa de água contendo oxigênio-15 e imediatamente antes da PET.

Para quantificar o estado de ansiedade foram usadas duas escalas de avaliação de estados subjetivos, preenchidas pelo voluntário imediatamente após cada PET, e duas medidas fisiológicas — frequência cardíaca e condutância elétrica da pele —, registradas durante o exame. Em cada caso, registravam-se imagens correspondentes a sucessivas secções horizontais do cérebro.

A análise estatística dos resultados mostrou um aumento significativo nos índices subjetivos e fisiológicos de ansiedade durante o segundo teste, quando comparado ao primeiro e ao terceiro, comprovando-se que a situação experimental efetivamente gera ansiedade antecipatória. Enquanto isso, as imagens da PET revelaram um aumento significativo do fluxo sanguíneo regional nos pólos do lobo temporal, em ambos os hemisférios cerebrais. Nenhuma outra região examinada foi afetada.

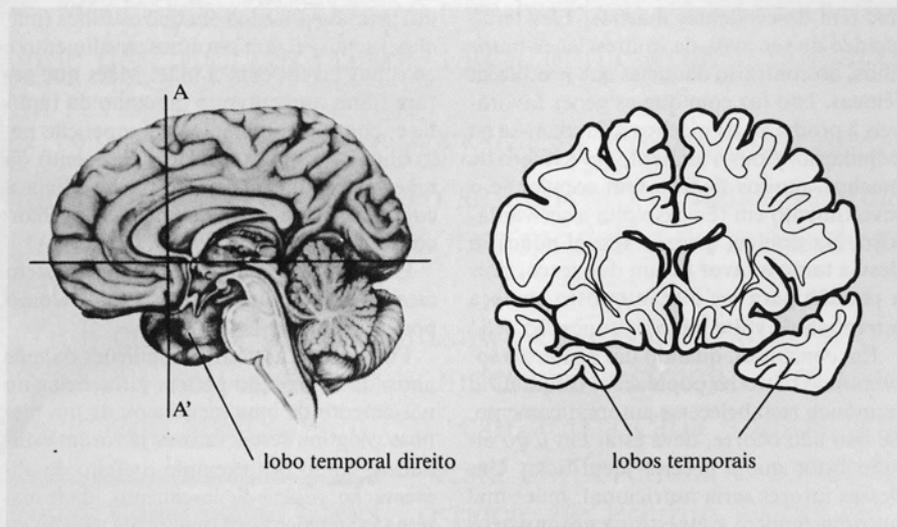
Em trabalhos publicados anteriormente, a mesma equipe tinha encontrado aumento semelhante da atividade neuronal nos pólos temporais durante ataques de ansiedade aguda, em pacientes portadores da 'síndrome de pânico', o que indica que aquela região participa igualmente de pelo menos um tipo de ansiedade patológica.

Finalmente, um aspecto relevante desses novos achados tomográficos é que eles apontam para uma região do chamado sistema límbico — o conjunto de 'regiões emocionais' do cérebro — repetidamente implicada no estado de ansiedade, constatação feita tanto por estudos em animais de laboratório como pela estimulação elétrica e ablação em pacientes neurocirúrgicos, além de observações clínicas de indivíduos com focos epilépticos localizados no lobo temporal. Existe, portanto, uma convergência muito significativa de evidências, provenientes de diversas vertentes, a indicar que os correlatos neuroanatômicos da ansiedade começam a ser bem conhecidos.

\* *Science*, vol. 243, pp. 1.071-1.074 (1989)

**Frederico G. Graeff**

Laboratório de Psicobiologia,  
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras,  
Universidade de São Paulo/Ribeirão Preto



**Durante a ansiedade antecipatória, ocorre aumento no fluxo sanguíneo das regiões do lobo temporal. No desenho do cérebro intacto, à esquerda, aparece o plano de corte (AA') apresentado à direita.**

so, muita expectativa cercou o desenvolvimento de técnicas não invasivas que permitem medir o fluxo e o volume sanguíneos, bem como a taxa metabólica de oxigênio, em regiões discretas do sistema nervoso central (SNC). É que estas medidas são correlacionadas com o nível de atividade neuronal de uma região, e portanto mostram seu envolvimento numa determinada função.

Tais métodos já podem ser aplicados hoje a voluntários sadios ou portadores de distúrbios psiquiátricos bem diagnosticados, que são submetidos a situações experimentais controladas, mobilizadoras de diferen-

logo depois de testes que solicitam sua capacidade cognitiva ou provocam certas reações emocionais. As regiões cerebrais mais ativas nessa circunstância emitem mais fótons, que são captados pelo aparelho e informam o computador da localização tridimensional do 'foco' funcional.

Um trabalho recém-publicado\* exemplifica bem esta última aplicação da PET. O estudo foi realizado por um grupo de neurologistas e psiquiatras da Escola de Medicina da Universidade Washington (EUA), liderados por Eric M. Reiman. O fluxo sanguíneo regional foi medido em oito voluntários sadios antes, durante e depois do tes-

## GENÉTICA

# MACHO OU FÊMEA?

Em quase todos os animais há igual número de indivíduos dos dois sexos (razão sexual 1:1). Mas porque há de ser assim, se um único macho é capaz de fecundar um grande número de fêmeas?

Veja o caso do leão-marinho, em que apenas 4% dos machos são responsáveis por 88% das cópulas. Há, portanto, um grande número de machos que têm pouca chance de produzir descendentes, embora se alimentem como os outros. Não seria mais econômico para essa população se nascesse, por exemplo, apenas um macho para cada dez fêmeas, produzindo uma razão sexual de 1:10?

produção de machos. A proporção entre os sexos na população poderia então deslocar-se para um excesso de fêmeas. Do ponto de vista da continuidade da espécie isto poderia ser bom, pois bastam poucos machos para fornecer os espermatozoides necessários mesmo para um excesso de fêmeas. Por outro lado, os genes que favorecem o nascimento de fêmeas continuariam a se espalhar até que o número de fêmeas fosse tão grande que os poucos machos restantes seriam insuficientes para fecundá-las.

Agora, porém, pense na enorme vantagem desfrutada pelos poucos indivíduos que têm descendentes machos. Eles terão chance de ser avôs de muitos leões-marinhos, ao contrário daqueles que produzem fêmeas. Isto faz com que os genes favoráveis à produção de machos difundam-se na população. Com o aumento no número de machos, muitos ficarão sem copular, e o investimento em fêmeas volta a ser vantajoso. Na prática, a razão sexual nunca se desvia tanto a favor de um dos sexos, pois a pressão para ter o sexo oposto começa a trazê-la de volta para a proporção 1:1.

Em conclusão, quando um dos sexos sobrepuxa o outro na população, o equilíbrio numérico restabelece-se automaticamente. Se isso não ocorre, deve estar em jogo algum fator que é preciso identificar. Um desses fatores seria nutricional: mães mal nutridas tendem a investir menos nos seus filhos e filhas do que mães bem nutridas, resultando em indivíduos mais fracos na idade reprodutiva. Em muitos animais um macho fraco tem menor chance de se reproduzir do que uma fêmea fraca, pois o macho precisa lutar com outros machos pela conquista da fêmea, enquanto a fêmea cabe apenas aceitar ou não o macho vencedor. Uma fêmea desnutrida terá mais netos através de suas filhas do que através de seus filhos. Assim, serão favorecidos genes que façam com que as fêmeas desnutridas tenham mais filhas do que filhos. Genes que favoreçam o nascimento de machos transmitem-se mais à próxima geração quando estão em uma fêmea bem nutrida: seus filhos (machos), mais fortes, têm melhores condições de vencer os competidores.

Para testar a hipótese de que a proporção de machos é maior na prole das fêmeas bem nutridas do que na das desnutridas, Steven Austad\* submeteu 20 fêmeas de gambá, no seu habitat natural, a um suplemento alimentar diário colocado em frente à sua toca. Estas fêmeas tiveram crias na proporção de 14 machos para dez fêmeas, enquanto outras 19 fêmeas (que não receberam suplemento alimentar) tiveram número igual de filhas e filhos. A hipótese de que fêmeas desnutridas produzem maior proporção de filhas que as bem nutridas foi confirmada pelo estudo de outro grupo de gambás, desta vez velhas e com pouco peso, que tiveram apenas seis filhos para cada dez filhas.

Em uma situação diferente dos exemplos anteriores, na qual a competição existe não por parceiro sexual, mas por alimento, a razão sexual é desviada a favor de machos quando a mãe dispõe de pouco alimento na época reprodutiva. Esta situação pôde ser observada em *Galago crassicaudatus*, um primata africano em que os filhos (machos) se dispersam para buscar alimento e as filhas vivem com a mãe. Mães que geram filhas aumentam o tamanho da família e, conseqüentemente, a competição pelo alimento. Portanto, o investimento da mãe na produção de um macho alivia a competição alimentar e aumenta suas chances de ter mais netos.

E na espécie humana, será que existem fatores que alteram a razão sexual? Como podemos estudá-los?

Fatores que afetam as condições da mãe antes da concepção podem influenciar no nascimento de uma menina ou de um menino. Alguns destes fatores já foram estudados, como por exemplo o efeito da alimentação, ordem de nascimento, idade materna, variações hormonais e até mesmo inseminação artificial e hábito de fumar. Há ainda outros fatores que influem na razão sexual humana e não dependem somente da condição materna, como por exemplo idade e raça do pai, condição socioeconômica da família e histocompatibilidade entre os pais. Na espécie humana é mais difícil relacionar as alterações da razão sexual com estratégias que proporcionem maior número de descendentes, pois fatores socioculturais mascaram o significado adaptativo dessas alterações.

\* *Scientific American*, vol. 258, pp. 54-59, 1988

### Maeve Brito de Mello

Estudante de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Campinas



Entre os leões-marinhos, poucos machos chegam a reproduzir, mas a razão entre os sexos mantém-se equilibrada.

Exemplos como esse sempre intrigaram os biólogos, até que Ronald Fisher, um famoso geneticista britânico, mostrou que o equilíbrio numérico entre os sexos é consequência automática da seleção natural. Para entendermos seu argumento, lembremos que um grande número de fatores genéticos pode influir na razão sexual, uns favorecendo o nascimento de machos, outros de fêmeas.

Suponha que, nos leões-marinhos, comessem a nascer mais fêmeas do que machos. Como não faltam machos na população, as filhas conseguiriam parceiros sexuais facilmente, e os genes que favorecem a produção de fêmeas poderiam se difundir mais do que aqueles que favorecem a

# NORDESTE ANO 2000.



## O BNB ESTÁ PREPARADO PARA ESTE DESAFIO.

Para o Banco do Nordeste, o futuro dos nordestinos está sendo traçado no presente. Consciente de um futuro promissor, o BNB se renova a cada dia para exercer na sua plenitude o papel que lhe é reservado no processo de desenvolvimento regional. Investindo em tecnologia, apoiando pesquisas e projetos para a melhoria

da qualidade de vida da população nordestina, o Banco do Nordeste prepara sua gente para os novos desafios.

Ao mesmo tempo em que cumpre a sua missão como banco de desenvolvimento, acompanhando os avanços e as transformações da realidade nacional, o BNB também se fortalece como um banco

comercial.

Ter o Nordeste desenvolvido, é a meta de 40 milhões de nordestinos. Tornar isso possível, é a nossa.

**bnb** BANCO DO NORDESTE  
DO BRASIL S.A.

O futuro vai ter a cara do que for feito agora.



### 3º Prêmio Nacional de Ecologia. Participe.

A defesa da ecologia ainda está engatinhando em nosso país. Mas é preciso pensar no futuro. Por isso, a Companhia Vale do Rio Doce e a Petrobrás estão lançando, com o apoio do CNPq e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis, IBAMA, o 3.º Prêmio Nacional de Ecologia. Um prêmio para recompensar e incentivar pesquisadores e estudiosos que apresentarem os melhores projetos em socorro à Natureza e em defesa da vida em nosso planeta. Porque CVRD e Petrobrás são empresas que acreditam que o equilíbrio entre meio ambiente e desenvolvimento econômico deve ser

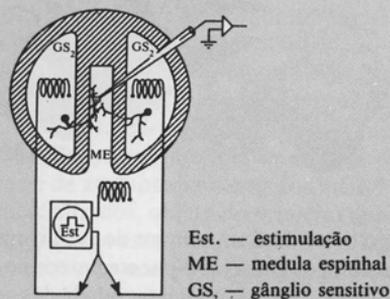
mantido a qualquer preço.

E que uma política de preservação que combata a erosão, proteja as espécies animais, faça reflorestamento em áreas devastadas e incentive a defesa da Natureza é responsabilidade de toda grande empresa que atue em nosso país. As inscrições para o 3.º Prêmio Nacional de Ecologia já estão abertas. Ligue para (061) 274-1155, R.: 222 e peça o regulamento. Ou escreva para o CNPq: SEPN, Quadra 507 - Bloco B - 2.º and., Cx. Postal 6186 - CEP 70740, Brasília, DF. Participe. Ajude a defender a sobrevivência da espécie humana.

## RECONSTRUINDO O CÉREBRO

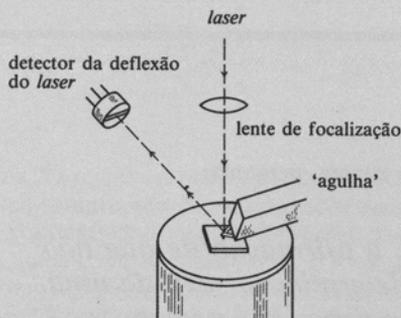
Philip Nelson e seus colegas neurocientistas do Instituto de Saúde Infantil e Desenvolvimento Humano, em Bethesda (EUA), conseguiram aproximar-se das realizações da ficção científica. Numa placa de cultura de células, foram capazes de reconstituir processos que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário do sistema nervoso. Neurônios da medula espinal de fetos de camundongo foram colocados no compartimento central de uma placa de cultura (figura), enquanto células nervosas de gânglios sensitivos eram postas nos compartimentos laterais. No feto vivo estas normalmente produzem prolongamentos

Extraídos de Science



**Sob ação de estímulos (Est.), os neurônios dos gânglios sensitivos (GS) estabelecem contatos com células da medula espinal (ME).**

que buscam os primeiros e acabam por estabelecer contatos com eles, formando um circuito neural. O que não se sabia ao certo era como isso ocorria. Durante alguns dias, os pesquisadores estimularam eletricamente os neurônios dos gânglios e ao mesmo tempo registraram a atividade bioelétrica das células da medula. Puderam assim demonstrar que a estimulação elétrica prolongada provocava um aumento do número de contatos, e que os neurônios do lado estimulado formavam conexões mais fortes que os do lado não estimulado. O experimento pode indicar o que ocorre durante o desenvolvimento fetal: os circuitos neurais se formam quando começa a atividade bioelétrica dos neurônios, e um processo competitivo se estabelece, tornando menos eficazes, e portanto transitórios, os contatos formados pelos neurônios inativos. *Science*, vol. 244, p. 585 (1989)



**A 'agulha' se move seguindo as irregularidades da superfície molecular e muda a deflexão do laser incidente, o que é captado pelo detector.**

## A IMAGEM DAS MOLÉCULAS

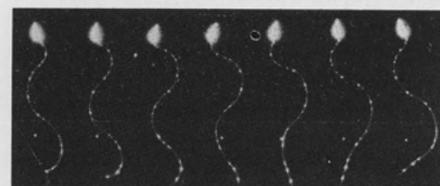
A organização das estruturas intracelulares tem sido estudada exaustivamente desde a invenção do microscópio eletrônico, ocorrida na década de 1930. Há três anos surgiu o microscópio de força atômica, capaz de revelar detalhes ainda mais minúsculos, como a forma de macromoléculas. O novo microscópio possui uma espécie de braço de toca-discos com dimensões mínimas, cuja 'agulha' desliza sobre a superfície molecular, acompanhando seu perfil e gerando sinais ópticos usados para reconstituir a imagem da molécula. O mais recente desenvolvimento foi relatado há pouco por um grupo de físicos da Califórnia (EUA): tornou-se possível revelar a estrutura de moléculas em meio aquoso, semelhante ao que existe no interior das células. Os pesquisadores conseguiram revelar as modificações de estrutura que ocorrem quando uma macromolécula do sangue humano — o fibrinogênio — coagula. Esse aperfeiçoamento técnico permitirá acompanhar 'visualmente' muitos processos químicos e bioquímicos cuja ocorrência até agora só pôde ser estudada de forma indireta.

*Science*, vol. 243, p. 1.586 (1989)

## CARBONO NAS ESTRELAS

A existência de compostos de carbono nas estrelas não é propriamente uma novidade. Há muito se sabe que o envoltório de certas estrelas contém monóxido de carbono, ácido cianídrico, sulfeto de carbono e outros. Novidade recente foi a identificação de cadeias simples de átomos de carbono, como  $C_3$  e  $C_5$ , no envoltório da estrela IRC + 10216. O trabalho foi realizado por cientistas da Universidade do Arizona (EUA), do Observatório Nacional de

Kitt Peak e do Laboratório Nacional Los Alamos, chefiados por Peter Bernath. O achado não é interessante apenas do ponto de vista astrofísico, quanto à composição do material carbonáceo das estrelas, mas também sob o prisma da química, já que pode ajudar a compreender os processos de combustão. É o que prova outro trabalho realizado por uma equipe de químicos da Universidade da Califórnia, liderados por J. R. Heath. Confirmando a identificação astrofísica de  $C_5$ , baseada na absorção de infravermelho pela molécula, estes pesquisadores produziram o composto no laboratório, por vaporização a laser do grafite, e comprovaram que suas características de absorção de infravermelho se parecem às detectadas por telescópio baseado na Terra, a partir da estrela IRC + 10216. *Science*, vol. 244, pp. 562 e 564 (1989)



**Movimento da cauda dos espermatozoides, indicado pelas partículas de ouro aderidas aos microtúbulos.**

## SENSUAIS MOVIMENTOS

O movimento ondulatório da cauda (flagelo) dos espermatozoides, capaz de impulsioná-los através de longas distâncias em busca do óvulo, foi finalmente entendido. Pares de microtúbulos, existentes no interior do flagelo, provocam as contorções que impulsionam a célula. Como isso se passa? O problema foi resolvido pelo biólogo Charles Brokaw, do Instituto de Tecnologia da Califórnia (EUA). Ele conseguiu fotografar, em microscópio, o movimento de microesferas de ouro que fizera aderir à superfície dos microtúbulos de espermatozoides de ouriço-do-mar. Verificou então que os microtúbulos deslizam uns contra os outros, dobrando o flagelo periodicamente e fazendo-o ondular. A descoberta é importante não só para a fisiologia da reprodução, mas também para a biologia do parasitismo, já que alguns parasitas — como o *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas — se movimentam por meio de flagelos semelhantes aos dos espermatozoides.

*Science*, vol. 243, p. 1.593 (1989)

Susi Missel Pacheco, Porto Alegre, pergunta:

**“Recentemente li, numa revista, a afirmação de que não é um cromossomo inteiro que determina o sexo de uma pessoa, mas sim um único gene, que ocorre somente no homem e é chamado TDF. Sou bióloga e gostaria de saber mais sobre o assunto.”**

**Iêda Maria Orioli, do Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio de Janeiro, responde:**

O desenvolvimento sexual humano, e também o dos outros mamíferos, tem várias etapas e pode, por isto, ser analisado de vários pontos de vista: gênico, cromossômico, gonadal, genital, social e assim por diante. Costuma-se, entretanto, separar a determinação sexual, etapa que culmina com a formação de testículos ou de ovários, da diferenciação sexual, que compreende todos os demais processos subsequentes do desenvolvimento sexual.

A determinação sexual masculina é o processo que controla, primariamente, a transformação da gônada embrionária indiferenciada em testículos. A partir daí, todos os outros eventos são secundários, dependentes da produção hormonal dos testículos, sendo no seu conjunto denominados ‘diferenciação sexual masculina’. Entre eles estão o desenvolvimento das estruturas genitais internas e externas durante a vida embrionária e o desenvolvimento das características sexuais secundárias durante a puberdade (ver ‘Macho ou fêmea?’ nesta edição, p. 14).

Este controle primário da gênese gonadal masculina é efetuado por um gene específico que, por enquanto, vamos chamar de ‘masculinizante’. A determinação sexual feminina não parece depender de nenhum gene específico deste tipo, já que a transformação da gônada indiferenciada em ovários ocorre naturalmente, desde que o gene masculinizante não esteja presente. Da mesma forma, os hormônios produzidos pelos ovários não são necessários para os eventos da diferenciação sexual feminina até o fim da puberdade, quando deles dependerá o desenvolvimento das características sexuais secundárias femininas.

Para entender melhor que gene masculinizante é este, onde se localiza e o que faz, definindo o que já sabemos e o que ainda não sabemos sobre ele, seria importante rever alguns pontos.

Os homens têm 22 pares de cromossomos autossômicos e um par sexual do tipo

XY, enquanto as mulheres diferem apenas por ter um par sexual do tipo XX. No final dos anos 50, com o aperfeiçoamento das técnicas de estudo dos cromossomos, ficou claro que era o cromossomo Y, e não o X, que determinava o sexo na espécie humana. Comparando indivíduos normais e portadores de anomalias dos cromossomos sexuais, constatou-se que a presença do cromossomo Y, acompanhado de qualquer número de cromossomos X, determina o sexo masculino, como no caso XY (homem normal), XXY (síndrome de Klinefelter), XYY, XXXY etc. O sexo é, entretanto, feminino nas pessoas que têm qualquer número de cromossomos X e nenhum Y, como nos casos em que aparece apenas um X (síndrome de Turner), ou XX (mulher normal), XXX, XXXX etc.

Existem exceções a esta regra geral de que a presença do cromossomo Y determina sempre o sexo masculino em humanos. Para entendê-las, basta lembrar que os cromossomos são apenas ‘pacotes’ de genes. Estes últimos — que são as unidades da informação genética — são seqüências específicas de nucleotídeos na molécula do ácido desoxirribonucléico (ADN). Cada gene codificaria uma função específica. Uma delas seria a de realizar a síntese de uma proteína que permitisse às células da gônada embrionária indiferenciada se organizarem de modo testicular. Este gene, que chamamos no início de masculinizante e que também é chamado de TDF (fator de determinação testicular), pode estar localizado no cromossomo Y, explicando porque se desenvolvem testículos toda vez que a pessoa apresenta este cromossomo.

Ocorre que existem cromossomos defeituosos, seja por perda de pedaços (deleções), por troca de pedaços entre dois cromossomos não homólogos (translocações), por duplicação de pedaços ou outros processos. Essas anomalias estruturais podem ser muito pequenas, não visíveis ao micros-



cópio pelas técnicas comuns de estudo cromossômico. Ou seja, o pacote parece normal mas o número ou a integridade dos genes estão alterados. Assim, é possível que uma mulher tenha 22 pares autossômicos e um par sexual do tipo XY (configuração chamada cariótipo 46,XY), se, por exemplo, este cromossomo Y perdeu um pedaço onde ficava justamente o gene TDF. Do mesmo modo, um homem poderá ter um cariótipo 46,XX se um destes X — o que recebeu de seu pai — tiver trocado pedaços com o cromossomo Y, adquirindo desta forma o gene TDF. Estas perdas ou trocas de pedaços ocorrem durante a formação dos gametas (óvulos ou espermatozoides), nos pais dos indivíduos afetados.

Em resumo, embora o gene TDF resida normalmente no cromossomo Y, em certas anomalias cromossômicas ele pode trocar de lugar ou se perder, e disto resulta um sexo diferente do esperado pelos cromossomos sexuais presentes.

No final de 1987, com a utilização de métodos de ADN recombinante (que detectam alterações mínimas do ADN) e o estudo de dois pacientes do tipo descrito — uma mulher 46,XY e um homem 46,XX —, um grupo de pesquisadores norte-americanos identificou um gene no cromossomo Y que poderia ser o TDF. Depois, identificou-se

a constituição da proteína por ele codificada, que tinha a característica de apresentar alongamentos de aminoácidos em torno de um núcleo de zinco, sendo por isso denominada de proteína de 'dedos' de zinco (*'finger' zinc protein*). Houve, no entanto, uma grande surpresa: um gene muito similar a este estava presente também no cromossomo X. A partir daí, o gene TDF começou a ser chamado por alguns autores de FZY (*'finger' zinc protein* no cromossomo Y), sendo a região homóloga no X denominada de FZX.

Com estes dados, foi necessário propor um novo modelo para explicar como aparece o dimorfismo gonadal (testículos ou ovários). Se se admite a existência de dois *locos* (lugar no cromossomo onde reside determinado gene) para a diferenciação gonadal — um no cromossomo X e outro no cromossomo Y — responsáveis talvez pela codificação da mesma proteína, pode-se propor que o sexo na espécie humana seria determinado pelo chamado 'processo de compensação de dose' do cromossomo X.

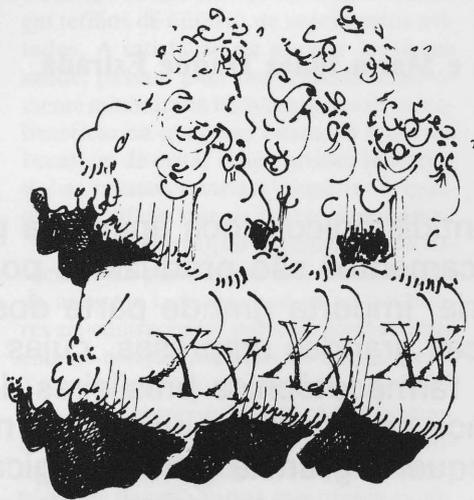
Compensação de dose é o nome que se dá ao mecanismo existente no homem e em todos os mamíferos, pelo qual todos os cromossomos X presentes, com exceção de um, são inativados nas poucas células somáticas que existem logo no início da vida do indivíduo. O processo pelo qual se inativa um de dois X é casual, variando de célula para célula. Os genes que se situam em um cromossomo X inativado não podem codificar suas respectivas proteínas, com exceção daqueles poucos genes situados bem na ponta do braço menor deste cromossomo, porque esta pequena região não fica inativada.

As mulheres têm, normalmente, dois cromossomos X e um deles é inativado, enquanto nos homens, que só têm um X, não ocorre nenhuma inativação. Com isso, homens e mulheres acabam tendo o mesmo número de genes do cromossomo X ativos. Isso é importante, já que a maioria destes genes está controlando processos orgânicos que devem ser idênticos nos dois sexos. O cromossomo Y parece ser quase vazio de genes, apresentando de importância apenas aquele responsável pela determinação sexual.

Voltando ao novo modelo proposto, a presença de duas doses do gene TDF (FZY e FZX) levaria ao desenvolvimento testicular, enquanto a presença de apenas uma dose, como ocorre nas pessoas com 46,XX que têm um dos X inativados, levaria ao desenvolvimento de ovários.

O que se pretende com este modelo é explicar não só o desenvolvimento normal, mas também algumas anomalias que não decorrem dos problemas cromossômicos mencionados, como deleções ou translocações envolvendo o gene TDF. Algumas mulheres têm cariótipo 46,XY e ovários degenerados, condição chamada de disgenesia gonadal XY e aparentemente transmitida, em algumas famílias, pelo cromossomo X. As pessoas afetadas em uma família podem ter diferentes pais, ou seja, diferentes cromossomos Y, sendo que estes cromossomos são normais mas não deter-

ve a questão da compensação de dose. Neste modelo, o gene TDF — agora chamado Tdx — estaria no cromossomo X e não no Y. Um gene situado em algum dos pares autossômicos codificaria uma substância repressora deste gene Tdx, tanto em embriões XX, quanto nos XY. Várias cópias de um terceiro gene estariam localizadas no cromossomo Y e não codificariam nenhuma proteína, mas teriam alta afinidade pelas moléculas repressoras, permitindo que o gene Tdx localizado no X não fosse reprimido e codificasse uma proteína que desencadearia o desenvolvimento testicular.



minam o sexo masculino. Propõe-se, segundo esse modelo, que o gene TDF localizado no X problemático destas famílias (FZX) tenha sofrido alguma mutação, ou mesmo se tenha perdido, com o que estas pessoas teriam apenas o gene TDF localizado no Y (FZY), e, portanto, sexo feminino.

No caso dos homens 46,XX, a maioria deles apresenta um X que recebeu uma porção, mesmo que submicroscópica, do cromossomo Y, e que fica situada na ponta do braço curto do X. Assim, mesmo quando este cromossomo X é inativado, esta zona onde está a translocação não o é, e estes homens XX têm duas doses de TDF em ação (FZY e FZY).

Existem outros modelos para explicar a determinação sexual na espécie humana, e pelo menos um outro que também envol-

Nos embriões XX, o gene Tdx estaria inativado em um dos X e portanto não seria acessível às moléculas repressoras. As moléculas repressoras existentes seriam então suficientes para reprimir o outro gene Tdx do outro cromossomo X, não havendo possibilidade de diferenciação testicular.

Uma das diferenças entre este modelo e o anterior está em que o *loco* do Y não seria estrutural, porque não codificaria uma proteína. Tratar-se-ia de um *loco* regulador da atividade do *loco* estrutural, que estaria no X. Com a atual identificação e clonagem dos genes FZY e FZX, estes e outros modelos poderão ser testados, esclarecendo como a proteína por eles codificada é capaz de desencadear o processo que transforma as células mesenquimais da gônada indiferenciada em células específicas de testículos ou de ovários.

# FÁRMACOS À DERIVA

César Benjamin, Sergio Portella e Maria Ignez Duque Estrada

*Ciência Hoje*

A proibição dos remédios antidistônicos toca apenas a ponta de um imenso *iceberg*. No Brasil, os medicamentos são produzidos por um setor que não desenvolve tecnologia própria, importa grande parte dos insumos que utiliza e está sob controle de poucas grandes empresas, cujas matrizes estão no exterior. A química fina e a farmacotécnica brasileiras dependem de iniciativas isoladas, que nunca configuraram um plano nacional de médio ou longo prazos. Não há sequer vigilância farmacológica digna deste nome. O resultado: além de sempre serem caras, são inúteis muitas das 20 mil apresentações que inundam o mercado. Misturas de antibióticos, complexos vitamínicos e outros produtos freqüentemente se baseiam em combinações sem sentido farmacológico.

ilustração Cristina Tati



# FARMACIA



**DEPOXAL**  
INDICAÇÃO  
ANTIBIÓTICO

**FLARIBOXIRA**

**AZEITE**

**ANTIDISTÔNICO**

**ALMANTE**

**ANTI  
EPRESSIVO**

**PRODUTOS  
FARMACÊUTICOS**

**500mg**

**CONTRA-EFEITOS COLAT**

**VIA  
UAZI**

**UZO  
VIVA**

**UZA**

**DG FARM**

Cento e dez bilhões de dólares faturados em 1985: eis um bom indicador do tamanho da indústria farmacêutica em escala internacional. A estimativa para o ano 2000 — 270 bilhões de dólares de faturamento — indica, por sua vez, que é alta sua taxa de crescimento e são boas as expectativas. Segundo estudos encomendados por empresas francesas, o bom desempenho será parcialmente garantido neste fim de século pelo incremento das vendas nos países da América Latina, da Ásia e da África, responsáveis hoje por 12% do mercado mundial. Neles graves problemas sanitários e de saúde pública convivem com a falta de um rigoroso sistema de controle do uso de medicamentos.

O Brasil é um excelente exemplo. Nosso sistema de farmacovigilância ainda engatinha, sem conseguir acompanhar a sofisticação de um setor cujo mercado anual, no país, oscila entre 1,65 e 1,90 bilhão de dólares, incluindo produtos nocivos ou simplesmente inúteis (figura 1). Cerca de 2.100 princípios ativos são utilizados na

## 1. PRINCIPAIS INTEGRANTES DO MERCADO FARMACÊUTICO

| País               | Mercado farmacêutico | População (milhões) | Consumo | Participação no mercado |
|--------------------|----------------------|---------------------|---------|-------------------------|
| EUA                | 22,0                 | 234                 | 94      | 31,4%                   |
| Japão              | 13,4                 | 120                 | 111     | 19,1%                   |
| Alemanha Ocidental | 5,6                  | 62                  | 90      | 8,0%                    |
| França             | 4,4                  | 55                  | 80      | 6,3%                    |
| Itália             | 3,2                  | 58                  | 55      | 4,6%                    |
| Grã-Bretanha       | 2,8                  | 56                  | 50      | 4,0%                    |
| Brasil             | 1,9                  | 135                 | 14      | 2,7%                    |

Nota: Existem divergências de cerca de 10% entre as várias fontes. Mercado avaliado em bilhões de dólares e consumo (*per capita/ano*) em dólares. Dados de 1984/1985.

Fonte: *Cadernos Codetec*, n° 1, 1987, citado pela Associação dos Laboratórios Oficiais do Brasil.

composição de 7.100 medicamentos, colocados no mercado em 20 mil apresentações diferentes. O que é espantoso é que, como mostra a figura 2, apenas cinco tipos de remédios dominam mais de 30% do mercado e 20 deles dominam quase 63%. Os es-

panhóis Juan-Ramon Laporte e Joan Costa, da Organização Mundial de Saúde, chamam a atenção:

— A circulação de um número elevado de medicamentos numa sociedade não apresenta melhoria na saúde de seus habi-

## MANIPULAÇÃO EM FARMÁCIA

Houve época em que, no Brasil e no mundo, prevaleciam no mercado as chamadas 'farmácias de manipulação', que produziam medicamentos de forma artesanal. A indústria farmacêutica era pouco desenvolvida, e os médicos de então não recebiam propriamente remédios. Conhecedores da farmacopéia disponível, eles examinavam o quadro clínico do paciente e chegavam a uma fórmula que comporia uma substância considerada adequada para o tratamento.

Depois da Segunda Guerra Mundial abriu-se o tempo das indústrias e de seus complexos métodos de síntese de substâncias e princípios ativos. O modo de se fazerem remédios foi profundamente alterado, e isso ocorreu em paralelo com as demais alterações havidas em toda a prática médica neste século. Muito já se discutiu sobre isso, e as críticas aos novos tempos são bem conhecidas: deixou de haver uma relação pessoal entre médico e paciente, perdeu-se de vista a idéia de totalidade do ser humano, as intervenções se tornaram mais invasivas. As pessoas perderam a identidade: apenas doenças e remédios têm nome.

Também são bem conhecidas as tentativas de reação a esse quadro, expressas nas chamadas 'práticas alternativas'. Elas incluem, no âmbito da medicina, um retorno à relação individualizada entre médico e paciente, com a revalorização de fórmulas específicas, preparadas em novas farmácias de manipulação que voltam

a se multiplicar nas grandes cidades. Tudo isso tem aspectos positivos, mas permanece envolto em grande mitologia.

Inseridas em um mercado competitivo e não submetidas a fiscalização rigorosa, essas práticas tendem a reproduzir as mesmas mazelas encontradas em toda parte: ao lado de profissionais sérios, multiplicam-se os aproveitadores. Muitas vezes, o único produto manipulado de forma competente é a própria boa-fé do cliente.

Therezinha Coelho Barbosa Tomassini, chefe do setor de medicamentos do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS) da Fundação Oswaldo Cruz, alerta para os dois principais focos do problema. O primeiro está no momento da formulação da mistura medicamentosa, às vezes composta por substâncias que nada têm de 'alternativas' e, em função de sua alta complexidade, são rigorosamente controladas no caso dos produtos industriais. Evidentemente, é mais difícil haver controle sobre prescrições feitas em caráter privado, que não entram em linhas de produção em série.

O segundo foco é o próprio momento da manipulação nas farmácias, onde falhas múltiplas podem ser detectadas: leitura equivocada da fórmula, introdução de outras substâncias, erros de dosagem, utilização de matérias-primas impuras ou sem efeito terapêutico e assim por diante. Com o crescimento da procura, algumas farmácias de manipulação já semi-industrializaram certos produtos, como

por exemplo os destinados a emagrecimento, que normalmente se constituem numa mistura de anoréxicos ansiolíticos (rigidamente controlados no 'setor formal' da produção de medicamentos) e produtos naturais, obtidos de plantas.

É justamente num remédio 'alternativo' para emagrecimento que a dra. Tomassini exemplifica os problemas listados. Recentemente procedeu-se a uma análise fiscal de material deste tipo, apreendido em uma farmácia de manipulação. Os problemas começavam na própria fórmula, estampada no rótulo: cáscara sagrada (280 mg), alcachofra (15 mg), fenoproporex (40 mg), ftalomicina (30 mg) e clordiazepóxido (5 mg). Qualquer especialista percebe nessa composição a presença de substâncias antagônicas, que agem no organismo de forma contrária, o que, por si só, coloca em xeque o valor terapêutico do medicamento. A cáscara interfere no equilíbrio dos eletrólitos aumentando a perda de água, enquanto a ftalomicina tem efeito anti-diarréico.

Mas não é só. Este último é um produto industrial, fabricado por empresas de grande porte e indicado para casos de diarréia. Cada envelope de sete gramas de ftalomicina contém: sulfato de neomicina (35 mg), sulfato de estreptomina (35 mg), ftalilsulfatiazol (280 mg), gel de hidróxido de alumínio seco (280 mg), cloreto de sódio (260 mg), cloreto de potássio (10 mg), lactato de cálcio (21 mg) e dextrose anidra (3,5 g).

tantes, nem maior possibilidade de cura para os doentes. Ao contrário: a existência de um excesso desses produtos provoca confusão em todos os níveis da cadeia farmacêutica.

Mesmo em países geograficamente próximos e com padrões de mortalidade similares, variam consideravelmente a quantidade e o perfil dos medicamentos ofertados. Em 1983, segundo a OMS, eles eram cerca de 15 mil na Grã-Bretanha e na Espanha, 7.800 na França, 3.700 na Finlândia, 2.700 na Suécia e 1.900 na Noruega. O perfil da oferta depende em grande medida da forma como está organizado o setor produtivo. No Brasil, são 335 as empresas farmacêuticas instaladas. Mas o grau de concentração é elevado: as 55 subsidiárias de multinacionais respondem, sozinhas, por mais de 80% do faturamento global. A vulnerabilidade e a dependência externa são evidentes: 86% dos insumos para fármacos são importados. E o papel do setor público é o mais tradicional possível: além das atribuições de licença e fis-

Tudo isso já seria estranho. Mas as análises de laboratório mostraram que o produto, impresso no rótulo, não estava presente. O peso também não correspondia (310 mg, contra 370 mg indicados pelo fabricante). Para completar, encontrou-se fenoltaleína, substância de efeito laxativo e não descrita no rótulo. É a dra. Tomassini quem diz:

— É muito sério. Usam-se anoréxicos e ansiolíticos que agem diretamente no sistema nervoso central das pessoas sem controle. Formulam-se medicamentos compostos de substâncias antagônicas. Executam-se fórmulas de maneira incorreta, incluindo no medicamento substâncias que o usuário nunca saberá que tomou.

A dra. Tomassini não é contra as farmácias de manipulação. Reconhece que elas podem suprir deficiências que o setor industrial não consegue resolver, dada a escala de sua produção. Mas é dura em seu diagnóstico:

— As farmácias de manipulação deveriam interromper a produção de medicamentos desse tipo por um período de alguns anos (talvez dois), para que fizessem uma profunda reestruturação, começando pela análise rigorosa das matérias-primas que utilizam.

E conclui que o mesmo procedimento deve ser estendido também às farmácias homeopáticas:

— Nós não detectamos resíduos de inseticida, em partes por trilhão, em alimentos? Podemos fazer o mesmo com a homeopatia, cujas tinturas-mães deveriam ser fiscalizadas.

## 2. MEDICAMENTOS MAIS VENDIDOS

| Principais produtos      | Grupo terapêutico                              | Vendas (US\$ mil) | %     |
|--------------------------|--|-------------------|-------|
| Keflex/Binotal           | Antibiótico sistêmico                          | 185.349           | 11,2  |
| Voltaren/Kataflam        | Antiinflamatório e anti-reumático              | 86.426            | 5,2   |
| Redoxon/Cebion           | Vitaminas                                      | 81.772            | 4,9   |
| Bronco-Anoxil/Mucosolvan | Preparações para tosse e resfriados            | 79.971            | 4,8   |
| Novalgina/Anador         | Analgésicos                                    | 75.109            | 4,5   |
| Tagamet/Antak            | Antiácidos, antiinflamatórios e antiulcerantes | 61.609            | 3,7   |
| Stugeron/Hydergine       | Vasodilatadores periféricos                    | 46.839            | 2,8   |
| Microvlar/Neovlar        | Hormônios sexuais e similares                  | 45.335            | 2,7   |
| Halcion/Frontal          | Psicolépticos                                  | 43.605            | 2,6   |
| Pantelmin/Tetmosol       | Antiparasitários                               | 39.110            | 2,4   |
| Quadriderm/Omcilom-AM    | Corticosteróides tópicos                       | 37.308            | 2,2   |
| Buscopan CPTO./Baralgin  | Antiespasmódicos e anticolinérgicos            | 32.089            | 1,9   |
| Naldecon/Sorine          | Preparações nasais                             | 31.442            | 1,9   |
| Epocler/Alcachofra CPTA. | Colagogos e protetores hepáticos               | 31.401            | 1,9   |
| Talsutin/G-Daktarin      | Antiinfeciosos ginecológicos                   | 30.108            | 1,8   |
| Zaditen/Aerolin          | Antiasmáticos                                  | 30.026            | 1,8   |
| Clarvisol/Hidrocare      | Oftalmológicos                                 | 28.650            | 1,7   |
| Persatin 75/Digoxina     | Terapia cardíaca                               | 27.489            | 1,7   |
| Aldomet                  | Hipotensivos                                   | 24.876            | 1,5   |
| Cepacol/Valda            | Preparações para a garganta                    | 24.711            | 1,5   |
| Total do grupo           |  | 1.043.225         | 62,9  |
| Total do mercado         |  | 1.659.074         | 100,0 |

Fonte: PMB/IMS.

calização, o Estado controla diretamente apenas 3,5% da produção do setor, através de 16 laboratórios oficiais, vinculados a dez governos estaduais, uma universidade, o próprio Ministério da Saúde e as forças armadas. É, além disso, um grande comprador, garantindo — através da Central de Medicamentos (Ceme), do Inamps e das secretarias estaduais — cerca de 30% da demanda desses produtos no país. O setor de vacinas é o único cuja produção é majoritariamente estatal.

Nenhuma empresa nacional está entre as 20 maiores aqui instaladas. Com um setor produtivo que opera apenas nas últimas

etapas do processo, é natural que seja grande a importação de intermediários e incipiente a atividade de pesquisa e desenvolvimento. Nas áreas de química fina e farmacotécnica, essas atividades dependem, no Brasil, de iniciativas isoladas, que nunca configuraram um plano nacional, com metas de médio e longo prazo.

A Central de Medicamentos (Ceme), criada em 1964 como órgão diretamente subordinado à Presidência da República, representou um esforço para apoiar o desenvolvimento de indústrias nacionais no setor, especialmente os laboratórios farmacêuticos da Marinha, do Exército e da Ae-

ronáutica, que trabalhavam então com grande capacidade ociosa. A partir de 1972, a Ceme se tornou responsável pela distribuição, a postos de saúde e hospitais públicos, dos chamados medicamentos essenciais. O governo pretendia, então, incentivar o desenvolvimento da química fina no país e reduzir a dependência de matérias-primas de origem estrangeira.

Hoje, apesar do crescimento da Ceme, pode-se constatar a frustração dessas metas: a importação continua na faixa de 86% e não mostra tendência à queda. Seu valor total quase dobrou entre 1986 e 1987, atingindo 85 milhões de dólares. Não é difícil perceber que a estrutura produtiva oligopolizada e desnacionalizada, que se desejava mudar, acabou por beneficiar-se da existência de um grande órgão estatal apenas comprador e repassador de produtos. O distanciamento da Ceme em relação aos seus objetivos originais só fez aumentar a partir da incorporação do órgão à estrutura do Ministério da Previdência Social, tornando-se então, claramente, simples entreposto de medicamentos revendidos para estados e municípios.

Alguns meses depois, pretendendo retomar alguma iniciativa própria, o órgão passou a aplicar recursos no projeto da 'farmácia básica', uma lista de 48 medicamentos, com 63 apresentações, selecionados a partir da Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (Rename). Mas, na hora de passar o papel à prática, foi decisivo o fato de que o país não dispunha nem de estrutura produtiva, nem de capacidade de armazenamento. Ao longo dos anos em que funcionara como distribuidora de remédios, a Ceme perdera o contato com a realidade do sistema de produção. Explica o farmacêutico Geraldo Fenerich, diretor de assistência técnica da Ceme em 1987:

— As farmácias básicas têm que ser armazenadas, para distribuição regional. Mas não havia armazéns, não havia pessoal habilitado para guardar os medicamentos, os prazos de validade venciam, as condições de temperatura eram inadequadas. Basta dizer que 25% dos produtos da Ceme se perdem. A OMS admite como natural a perda de apenas 5% de um lote de produção destinado à distribuição em massa. Vivemos o resultado da total falta de planejamento, da falta de condições de estocagem, da falta de conhecimentos e do excesso de problemas políticos.

Hoje, a Ceme só gere 10% — se tanto — do abastecimento global de medicamentos da Rename à rede nacional de assistência à saúde, embora seja esta sua principal preocupação. Em documento de janeiro de 1989, a Associação dos Laboratórios Oficiais do Brasil alertava: "(...) Tem cabido historicamente ao setor estatal uma participação em torno de 60% na aquisição de

medicamentos pela Ceme. É preocupante, no entanto, verificar que a partir de 1986 esse percentual vem sofrendo progressivo decréscimo (figura 3) (...) A XVIII reunião ordinária do Conselho Nacional de Secretários de Saúde (Conass) recomendou fosse garantida exclusividade do fornecimento de medicamentos da linha básica às instituições do setor público (...)."

Esta última não é uma meta fácil. Para produzir os 378 itens listados na Rename, são necessários 256 fármacos. Destes, 150 são importados e 106 produzidos no Brasil. Para diminuir — ou mesmo, a médio prazo, eliminar — a diferença, só com pesados investimentos em pesquisa, o que nos remete ao polêmico tema do reconhecimento de patentes, sobre o qual ainda não há definição oficial (ver 'Patentes em biotecnologia', em *Ciência Hoje* n.º 49).

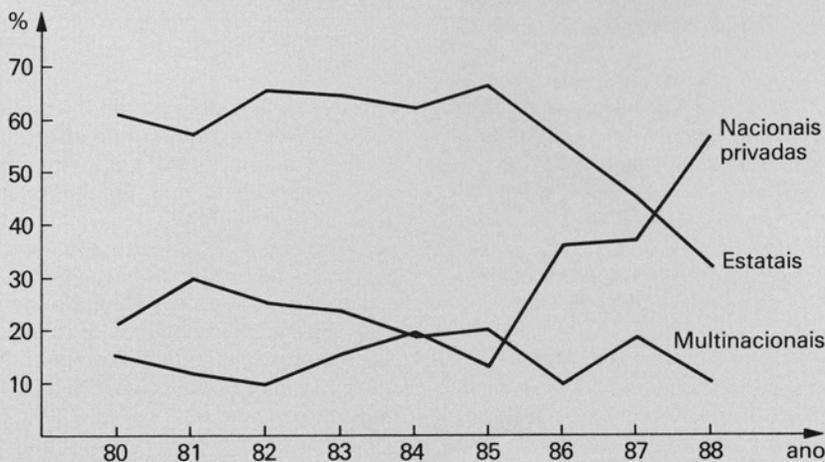
**E**nquanto isso, prossegue inalterada a situação descrita na *Informe 615* da OMS ('Seleção de medicamentos essenciais'), assim resumida por J. Laporte e J. Costa: "Nos mercados de alguns países há medicamentos que não têm sua eficácia clínica demonstrada ou cujo uso pressupõe a exposição do paciente a alguma relação custo/benefício inaceitável. Em primeiro lugar, é preciso proceder a uma 'limpeza' do registro. A legislação deve permitir a revisão periódica da licença de comercialização de produtos já aprovados, assim como exigir a presença de especialistas em farmacologia clínica nos organismos responsáveis pelo registro e controle dos medicamentos (...)."

Infelizmente, também estamos longe de fazer essa limpeza. Nosso desempenho em termos de farmacovigilância não é considerado razoável nem mesmo pela Divisão de Medicamentos (Dimed) do Ministério da

Saúde, responsável por essa atividade. A discussão assume freqüentemente tons ácidos, com acusações de "inoperância", "descrédito" e "clientelismo". Entre 1984 e 1987, o órgão ficou paralisado por causa da indefinição de critérios e problemas de natureza política, agravados no período seguinte. Entre 1986 e 1988, quatro chefias se sucederam. A última delas, comandada por Marta Nóbrega, contava com o apoio expresso do empresariado nacional do setor e das sociedades científicas. Trabalhando em conjunto com a Comissão de Avaliação Técnica de Medicamentos (Conattem), cuja importância Marta Nóbrega reconhece e ressalta, essa equipe procurou administrar sua pesada herança de 20.370 processos pendentes de solução, protocolados entre 1984 e 1987. Seguindo as indicações da OMS, criaram-se nesse período regras claras para a liberação dos produtos farmacêuticos, incluindo-se, entre elas, a comprovação de que o medicamento estrangeiro já obtivera registro no país de origem. Em alguns casos, também se passou a exigir o registro em outros países e os estudos pré-clínicos e clínicos, que normalmente não são feitos no Brasil.

No primeiro semestre de 1988, Dimed e Conattem conseguiram analisar 2.600 processos, dos quais 1.482 receberam parecer conclusivo e os demais caíram em exigência. Trinta e um produtos novos foram então licenciados, depois de enquadrados nos critérios de seletividade adotados. Em paralelo, outras 549 apresentações farmacêuticas tiveram seu registro cancelado. Mas o fim de 1988 foi melancólico. No início de 1989, em meio a mudanças no comando do Ministério da Saúde, o *Diário Oficial* chegou a registrar a extinção da Dimed, logo depois reaberta sob a direção de Suzana Machado, indicada pelo novo ministro Sei-

### 3. PARTICIPAÇÃO DE EMPRESAS NA AQUISIÇÃO DE MEDICAMENTOS PELA CEME



Fonte: Ceme, citada pela Associação Nacional de Laboratórios Oficiais.

## FRAUDE EM FARMÁCIA

O lançamento de associações medicamentosas inúteis e irracionais, o preparo de fórmulas farmacêuticas esdrúxulas, o estímulo à automedicação através de propaganda maciça nos meios de comunicação de massa e a conhecida prática da 'empurroterapia' (tentar vender produtos que os clientes não necessitam) são alguns dos expedientes usados por indústrias inescrupulosas, que coexistem no mercado brasileiro com empresas idôneas e sérias. À lista dessas atividades pouco éticas, soma-se a velha prática da adulteração de drogas, estimulada pela ineficácia dos órgãos responsáveis pela fiscalização.

Não é difícil comprovar essa afirmação. Para tal, realizamos em nosso laboratório análises químicas de três especialidades farmacêuticas largamente consumidas no país, produzidas por dois labo-

ratórios diferentes, mas sob a responsabilidade, pelo menos formal, do mesmo farmacêutico. Em dois casos, estabelecemos as doses de um princípio ativo; no outro, pesquisamos dois deles. Apesar de — segundo consta nas embalagens — os produtos terem sido devidamente licenciados pela Divisão de Medicamentos (Dimed) do Ministério da Saúde, os resultados de nossas análises, publicados com mais detalhes em outra revista da SBPC (*Ciência e Cultura*, vol. 40, nº 12, pp. 1.220-1.222), revelam que nenhum corresponde às fórmulas indicadas. Os princípios ativos estão presentes em quantidades muito menores do que as anunciadas, ou mesmo, simplesmente, não aparecem.

Não pode haver dúvida de que, em todos os casos, há fraude. Os pesos médios dos comprimidos são muito inferiores aos alegados pelos fabricantes. E todas as quantidades medidas apresentaram resultados muito discrepantes das indicadas. No medicamento Neosedan, a quantidade de dipirona é 9,07% do que consta

**Neosedan:** comprimidos tranquilizantes antidistônicos.

### Fórmula por comprimido:

diazepam (0,005 g), dipirona (1 g), cloridrato de papaverina (0,020 g), metilbrometo de homatropina (0,002 g), excipiente q.s.p. (1,300 g).

### Resultado da análise:

a quantidade de dipirona encontrada em cada comprimido foi de 0,0907 g, equivalente a 9,07% da indicada.

go Tsuzuki. A Conatem também morreu e renasceu, embora com a inexplicável exclusão da Sociedade Brasileira de Psicobiologia, que há muitos anos lidera a luta pelo controle dos antidistônicos no país.

Em junho, a Dimed voltou a despertar expectativas positivas: medicamentos antidistônicos foram retirados do mercado, o que representou um passo à frente, em meio à confusão em que está imersa a área de farmacovigilância no Brasil. Depois, teve o mesmo destino um grande lote de misturas de antibióticos e complexos vitamínicos, cujas fórmulas se baseiam o mais das vezes em combinações sem sentido farmacológico. Mas não se tratou neste caso de uma medida de defesa da população: era do interesse das próprias empresas a renovação das apresentações de seus produtos.

Tudo isso mostra que o setor como um todo necessita de nova proposta organizativa, com a instalação de centros que fiscalizem as próprias empresas e acompanhem o desempenho dos medicamentos colocados no mercado, controlando sua qua-

lidade. Os sistemas estaduais de vigilância precisam ser implantados, especialmente nas regiões onde se produzem fármacos. Enquanto isso não ocorrer, as medidas acertadas não estarão pisando em terreno firme. Apesar de eventuais sobressaltos, o Brasil continuará como um paraíso para quem quiser investir em produtos farmacêuticos de segunda categoria, situação que também traz prejuízos aos fabricantes honestos, submetidos a concorrência desleal. Oswaldo Ramos, da Escola Paulista de Medicina, ressalta que num país como o nosso não há como fugir da responsabilidade de criar condições para uma vigilância sanitária e uma experimentação adequadas:

— Se fôssemos um país muito atrasado, a forma mais sensata e útil de encarar o

**Teteciclin:** drágeas para tratamento de infecções causadas por germes sensíveis à tetraciclina.

### Fórmula por drágea:

cloridrato de tetraciclina (0,250 g), vitamina B<sub>1</sub> (0,006 g), vitamina B<sub>6</sub> (0,002 g), vitamina B<sub>2</sub> (0,002 g), pantotenato de cálcio (0,005 g), vitamina PP (0,014 g), excipiente q.s.p. (uma drágea).

### Resultado da análise:

encontramos 0,025 g de cloridrato de tetraciclina por comprimido, correspondente a 10% do valor indicado na bula.

na bula; no Glipan, não foi encontrada a vitamina C anunciada, e o peso do ácido acetilsalicílico corresponde a 71,8% do que está impresso na embalagem; no caso de Teteciclin, o antibiótico cloridrato de tetraciclina, efetivamente presente, equivale a 10,01% do peso indicado, o que é muito grave, já que induz a erros no tratamento e perda de eficácia no combate aos microorganismos visados.

A comercialização e o consumo dessas especialidades coloca em risco a saúde e até a própria vida dos pacientes. Os fabricantes devem ser indiciados por crime contra a economia popular e atentado à saúde pública. E os órgãos fiscalizadores precisam, finalmente, fiscalizar.

**Andrejus Korolkovas e Toshio Haraguchi**  
Faculdade de Ciências Farmacêuticas,  
Universidade de São Paulo

problema seria usar somente o que fosse licenciado no Primeiro Mundo, sem tentar nenhuma experimentação. Mas não é o caso. Aliás, até mesmo este caminho seria problemático, inclusive porque entre nós existem doenças que não são típicas dos países desenvolvidos.

Sérgio Ferreira, presidente da Sociedade Brasileira de Farmacologia, faz sugestões precisas:

— Criar um banco nacional de insumos farmacêuticos que controle todas as importações da área. Isso evitaria o boicote que as empresas brasileiras sofrem na compra de intermediários disponíveis no mercado internacional. Além disso, e principalmente, o banco possibilitaria que se fizesse um controle de qualidade muito melhor dos medicamentos aqui produzidos. Como a grande maioria dos insumos é importada, seria mais fácil identificar fraudes na composição de remédios, através da comparação entre as quantidades que as empresas declaram utilizar em cada composição e as respectivas guias de importação.

# RISCOS DE UM RÁPIDO BRONZEAMENTO

**Carmen Boto Querol,**

mestranda do Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**João Antônio Pêgas Henriques**

Departamento de Fisiologia Farmacológica e Biofísica, UFRS

Vendidos livremente, remédios que contêm psoralenos são usados em clínicas de embelezamento, para tornar mais efetivos e imediatos os resultados de banhos de radiação ultravioleta longa. Perigosa combinação, que interfere no material genético do organismo e — entre outros efeitos — pode aumentar a probabilidade de que se desenvolva câncer. Também os bronzeadores caseiros, feitos com extratos de plantas, podem causar graves problemas. Muitos deles não bronzeiam e, quando não matam, deixam marcas vermelhas indelévels, semelhantes a cicatrizes de queimaduras. Em ambos os casos a desinformação convive com a falta de vigilância.

**M**anhã de verão. Uma clínica de bronzeamento se prepara para atender a cerca de 30 clientes. Um deles, de meia-idade, vem fazendo há sete anos, cada vez que se aproximam as férias, 20 sessões de meia hora de banhos de luz, "15 minutos de cada lado". A recepcionista olha a pele de outro que acaba de chegar e prescreve o número de cápsulas de oxoralema que ele deve tomar; em seguida, assegura a um terceiro que essa substância importada, utilizada para acelerar o bronzeamento, "não produz efeitos colaterais nem tem contra-indicação": basta tomar duas cápsulas e voltar à clínica duas horas depois para um banho de radiação ultravioleta longa (UVA), com comprimento de onda entre 320 e 380 nanômetros (um nm é igual a  $10^{-9}$  metro).

A falta de informação é grave: muitas farmácias dermatológicas vendem sem receita médica o oxoralema, ou 8-metoxipsoraleno (8-MOP), substância que reage à luz. Seu perigo não reside em ser tomado em jejum, como acreditam alguns consumidores, nem no material de que são feitas as cápsulas, como pensam outros, que por isso retiram o pó para tomá-lo com co-

lher. Até mesmo sua manipulação em laboratório requer cuidados especiais. Uma farmacêutica lembra-se da queimadura sofrida por um colega que derramou a substância na mão e, apesar de tê-la lavado, cometeu a imprudência de expor-se ao Sol.

No verão passado, a co-autora deste artigo soube que algumas pessoas de suas relações estavam tomando cápsulas adquiridas em farmácia para obter um bronzeamento mais rápido. As cápsulas continham trissoralema, substância semelhante ao oxoralema, geralmente usada em PUVA-terapia, que consiste na associação de psoralenos e radiação ultravioleta longa, método aplicado no tratamento de psoríase (que se manifesta pelo aparecimento de placas ásperas, salientes e frequentemente avermelhadas, principalmente nos cotovelos e joelhos) e de vitiligo (caracterizado pela despigmentação de áreas da pele, pela ausência de melanina). Presente também na casca do limão ou da bergamota (tangerina), o trissoralema tem que ser empregado com extremo cuidado, detalhe ignorado pelos que desconhecem os perigos do bronzeamento rápido com o auxílio de psoralenos, prometido pelas clínicas de estética.

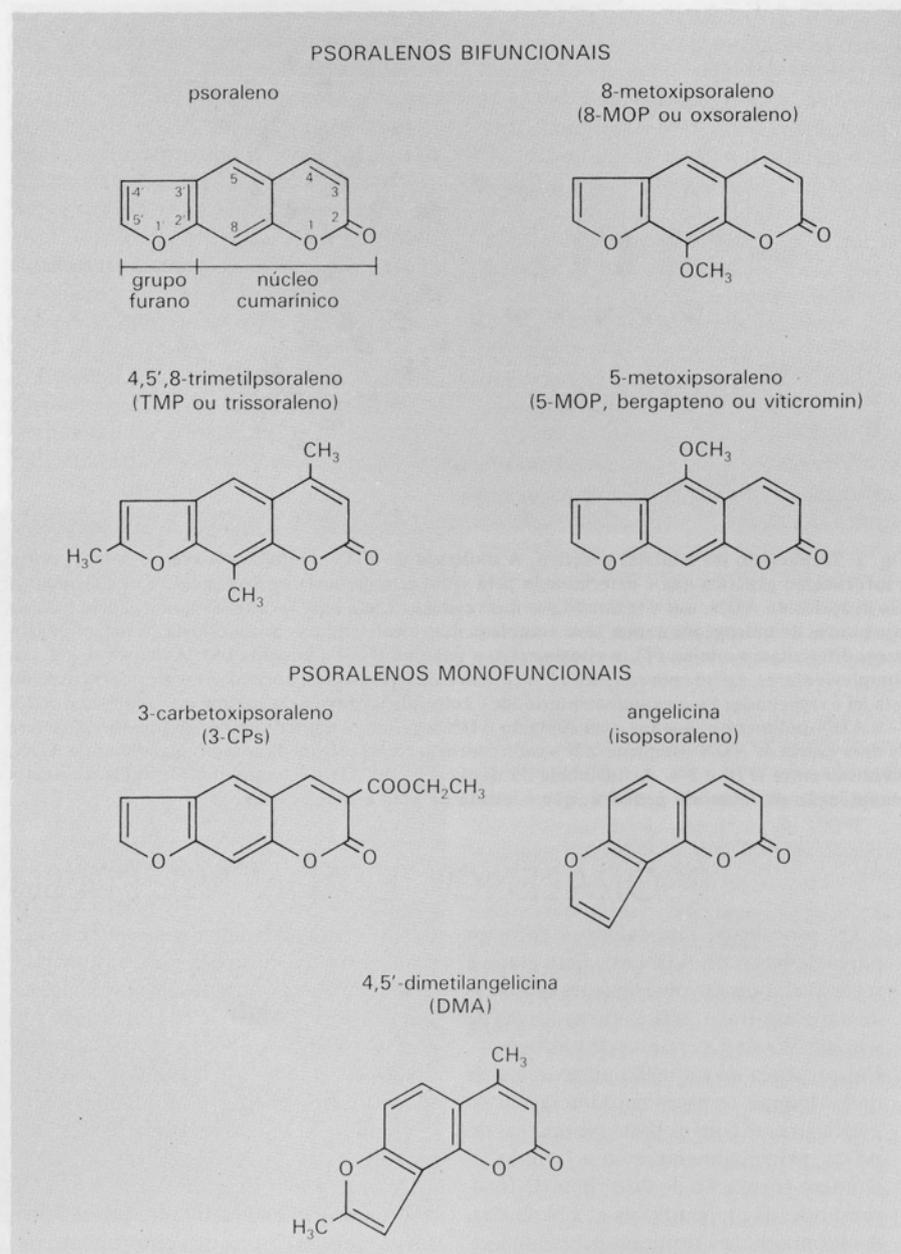
Em janeiro de 1988 visitamos quatro farmácias dermatológicas em que qualquer interessado podia comprar o produto. Numa delas era a balconista quem indicava o tratamento. A dosagem era escolhida pelo freguês, de cinco a 25 miligramas por cápsula. Compramos o produto e chamamos o farmacêutico, para dizer-lhe que a substância era perigosa. Ele aconselhou que fôssemos reclamar na televisão, o que fizemos também. Embora nossa advertência tenha dado origem a um programa na TV Educativa de Porto Alegre, houve pouca mudança nas práticas dos veranistas no verão seguinte. No final do ano, mesmo as farmácias comuns vendiam livremente, por exemplo, o viticromin. A bula deste remédio contra o vitiligo, contendo bergapteno (uma furocumarina de 'ação fotossensibilizante' empregada no tratamento da despigmentação), recomenda 'venda e uso sob prescrição médica', mas omite os efeitos colaterais motivadores deste artigo. O aparecimento de efeitos colaterais graves, como o desenvolvimento de câncer, pode ser tão demorado (15 a 20 anos), que o usuário pensa que nada de mal está acontecendo consigo.

Os psoralenos — ou furocumarinas — constituem um grupo de compostos aromáticos tricíclicos, de origem natural ou sintética (figura 1). Em combinação com a radiação ultravioleta longa, os psoralenos interagem com os ácidos nucleicos, dando origem a efeitos biológicos diversos: sensibilização da epiderme, ativação da produção de melanina, inativação celular e genotoxicidade (alterações no conteúdo informacional dos genes). Algumas destas propriedades eram conhecidas há mais de três mil anos pelos egípcios. Eles utilizavam no tratamento do vitiligo, em combinação com a luz solar, o extrato de certas plantas que, hoje se sabe, contém psoralenos.

Durante o século XIX, essas substâncias foram identificadas em oito famílias de vegetais, mas somente na primeira metade deste século a estrutura química de algumas delas foi estabelecida. A partir de 1948, os ensaios clínicos em dermatologia revelaram-se bastante promissores. Intensificaram-se, desde então, as pesquisas sistemáticas, principalmente em três direções: a) mecanismo de ação dos psoralenos em nível celular e molecular; b) extensão das aplicações clínicas ao tratamento da psoríase e de certos carcinomas de pele; c) efeitos genéticos e tumorogênicos. Os resultados evidenciaram a forte afinidade dos psoralenos pelos ácidos nucleicos, mais especificamente pelo ácido desoxirribonucléico (ADN).

As lesões provocadas no ADN pelos psoralenos são específicas. Em vista disso, essas substâncias são utilizadas para o estudo da mutagenese (alteração da memória genética), da recombinação (trocas genéticas) e dos processos enzimáticos de reparação do ADN lesado. Várias razões levam ao estudo da mutagenicidade causada por psoralenos. Uma delas é a ampla utilização dos derivados bifuncionais nas fórmulas de bronzeadores e no tratamento da psoríase e do vitiligo. Outra motivação para esses estudos é a possibilidade de reparação das lesões genéticas por meio de mecanismos enzimáticos celulares e a busca de derivados menos mutagênicos. Quando não reparadas, as lesões no ADN bloqueiam sua duplicação semiconservativa ou mesmo inibem o processo de duplicação celular (figura 2).

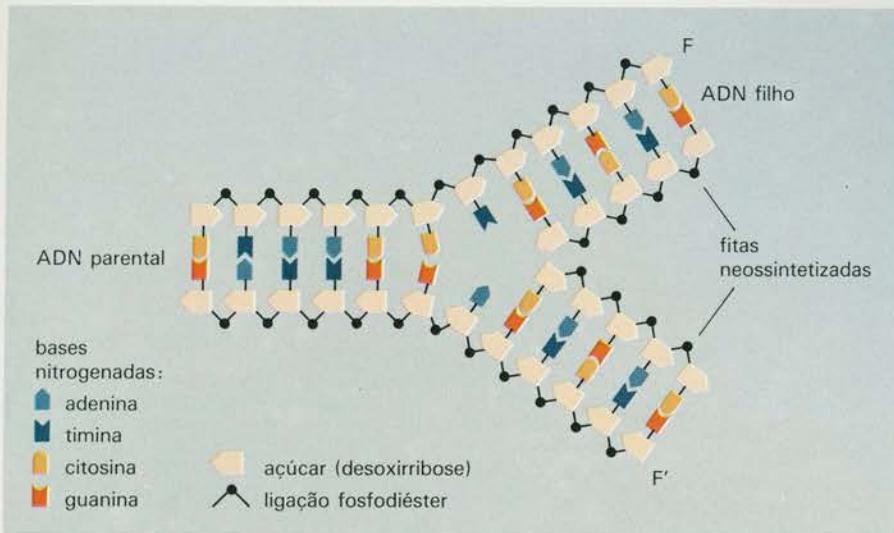
Este efeito é particularmente relevante no tratamento da psoríase. A rápida multiplicação celular, característica dessa doença, pode ser revertida pela PUVA-terapia, que consiste na administração (por via oral) de psoralenos bifuncionais seguida, após intervalo de duas horas, da exposição do paciente a um sistema especial de radiação ultravioleta de ondas longas. Os portadores da doença necessitam de aproximadamente 20 sessões de PUVA para uma eficiente



**Fig. 1.** Estrutura química dos psoralenos. A maioria das furocumarinas naturais ou sintéticas é derivada do psoraleno. Esta substância é um composto heterocíclico plano, resultante da condensação de um grupo furano com um núcleo cumarinico. Raramente esta condensação origina isômeros angulares, como é o caso da angelicina e da DMA. As furocumarinas naturais, tais como o psoraleno, o 8-MOP, o bergapteno e a angelicina, têm sido isoladas principalmente em cinco famílias de plantas: umbelíferas (a salsa, *Petroselinum hortense*, e o aipo, *Aipium graveolens*); rutáceas (bergamota, lima e limão, *Citrus*; maminha-de-cadela ou espinho-de-vintém, *Zanthoxylum* sp); moráceas (figo, *Ficus carica*, e *Brosimum gaudichaudii*); leguminosas (*Psoralea corylifolia*) e orquídeas em geral. Entre os psoralenos sintéticos podem ser citados o trissoraleno, um dos compostos mais ativos, o 3-carbetoipsoralen (3-CPs) e a 4,5'-dimetilangelicina (DMA).

limpeza das placas psoriáticas. Apesar dos ótimos resultados observados, geralmente as placas reaparecem, quase sempre tornando-se necessária uma terapêutica de manutenção. Assim, o tratamento requer constante deslocamento do paciente a clínicas que possuam equipamento adequado e pessoal especializado. Durante o deslocamento, deve-se evitar exposição excessiva ao Sol, que aumenta o risco de eritemas, queimaduras ou lesões nos olhos.

O uso continuado desse tratamento é questionado por três razões: seu efeito carcinogênico, o envelhecimento precoce da pele e a tendência ao aparecimento de cataratas. Centros europeus, como o Instituto Curie, de Paris, e o Instituto de Química Farmacêutica, de Pádua, estão selecionando novos derivados de psoraleno, principalmente monofuncionais, que são fotoreativos mas menos mutagênicos e menos carcinogênicos que os bifuncionais.



**Fig. 2.** Duplicação do material genético. A molécula de ADN, contida nos cromossomos, porta a informação genética que é determinada pela seqüência de bases nitrogenadas. Esses elementos são próprios do ADN, que é formado por duas cadeias. Cada base localizada numa cadeia é unida por pontes de hidrogênio a uma base complementar localizada na cadeia oposta. Existem quatro bases diferentes: a timina (T), a citosina (C), a guanina (G) e a adenina (A). As bases A e T são complementares, assim como as bases C e G. Um emparelhamento normal somente ocorre quando esta lei é respeitada. Essa complementaridade é colocada à prova pela enzima que sintetiza o ADN — a ADN-polimerase, que faz uma cópia do ADN seguindo a regra de emparelhamento. A síntese de uma cadeia de ADN complementar a cada cadeia parental origina duas moléculas-filhas de ADN, idênticas entre si (F e F'). A fidelidade da duplicação do ADN é uma condição indispensável à manutenção da memória genética, que é levada de uma célula a outra.

**A** atividade genotóxica dos psoralenos é devida principalmente à fotoligação dessas moléculas às bases pirimídicas (timina e citosina) do ADN, o que leva à formação de monoadições ou biadições (ver 'Psoralenos e ADN na presença de luz'). Existem psoralenos, entretanto, que induzem unicamente monoadições, porque possuem uma das extremidades fotoativas (dupla ligação 3,4 ou 4',5') bloqueada por um grupamento químico, ou ainda por causa da disposição espacial (angular) da molécula de psoraleno. Em PUVA-terapia, são esses agentes, denominados monofuncionais, que vêm substituindo nos últimos anos os bifuncionais, por apresentarem em geral um menor grau de agressão ao material genético e um menor risco de desenvolvimento de processos carcinogênicos.

A ação fotomutagênica dos psoralenos tem sido comprovada em todos os sistemas celulares testados. Já foi demonstrado que a atividade mutagênica dessas substâncias depende da sua estrutura química e funcionalidade (se são mono ou bifuncionais), dos comprimentos de onda e da dose de radiação ultravioleta empregada (ver 'Classificação da radiação ultravioleta').

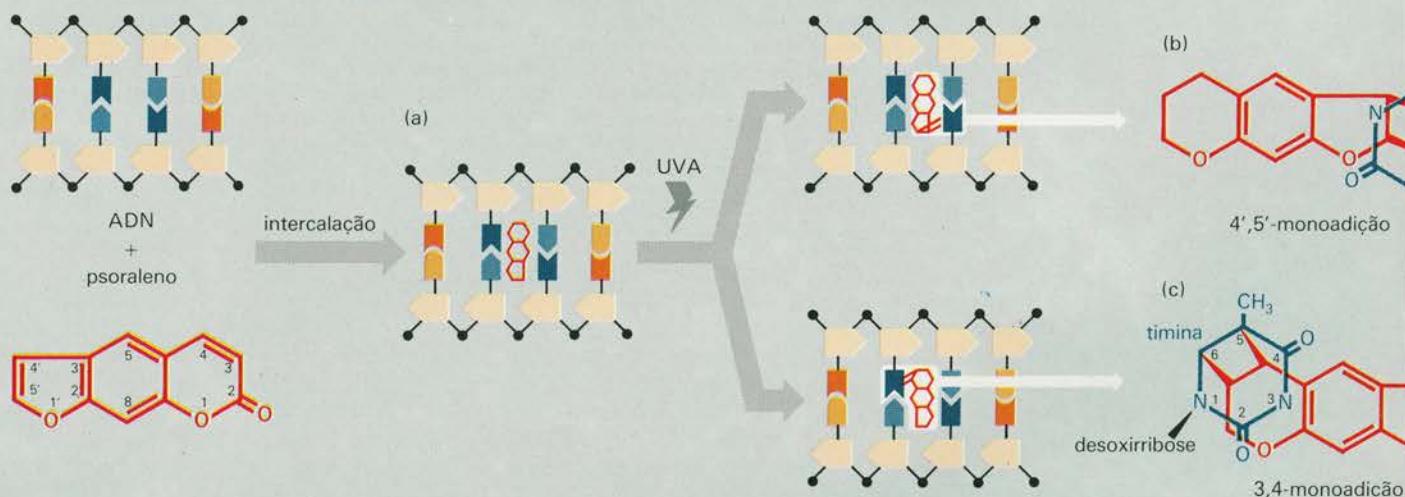
## PSORALENOS E ADN NA PRESENÇA DA LUZ

Os psoralenos intercalam-se entre os pares de bases do ADN (a). Esta etapa é reversível, pois envolve ligações químicas de natureza fraca, tais como as forças de van der Waals e as pontes de hidrogênio. Em presença de radiação ultravioleta de ondas longas, os psoralenos interagem especificamente com as bases pirimídicas do ADN, principalmente com a timina, levando à formação de dois tipos de foto- produtos: as monoadições e as biadições. As monoadições resultam do estabeleci-

mento de ligações covalentes entre a dupla ligação das posições 5 e 6 das pirimidinas e uma ou outra das duplas ligações das posições 3,4 do núcleo cumarínico ou 4',5' do grupo furano. Dois tipos de monoadições podem ser formados: a 4',5'-monoadição (b) e a 3,4-monoadição (c).

Quando a fixação das moléculas de psoralenos às bases pirimídicas do ADN envolve a dupla ligação 3,4 do psoraleno, a monoadição resultante (c) não absorve mais os fótons de comprimento de

onda superiores a 320 nanômetros (ultravioleta longa). Em contraste, se o fotoproduto formado é a 4',5'-monoadição (b), esta é capaz de absorver fótons adicionais da faixa de ultravioleta longa, provocando assim uma fotorreação com outra base pirimídica, localizada na cadeia oposta do ADN, através da dupla ligação 3,4 do anel cumarínico ainda disponível. Isto conduz à formação de uma ponte (d) entre as duas fitas complementares do ADN.



## CLASSIFICAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

O Sol emite uma série contínua de raios com diferentes comprimentos de onda, que são medidos em nanômetros (ver 'Eletricidade solar', nesta edição). Apenas uma região deste espectro é visível para nós. Fora dela encontram-se as radiações infravermelhas (cujo efeito mais significativo é a produção de calor) e as ultravioletas, que abrangem um domínio espectral relativamente amplo.

As radiações ultravioletas compreendem a faixa situada entre 200 e 400 nanômetros. Esta região tem duas classificações principais. A primeira estabelece duas classes: UV longo (290-400 nm) e UV curto ou germicida (200-290 nm). A segunda subdivide os raios ultravioletas em UVA (320-400 nm), UVB (290-320 nm) e UVC (200-290 nm). Esta última classificação é a mais usada em dermatologia.

As faixas de ultravioleta podem ser produzidas por meio de lâmpadas especiais que emitem radiação UV em regiões determinadas. Neste caso incluem-se as lâmpadas germicidas (na faixa de UVC) e as lâmpadas de luz negra (na região de UVA), estas usadas em PUVA-terapia.

Na emissão solar, o espectro que atinge a superfície terrestre é menos abrangente, porque os comprimentos de onda inferiores a 290 nm (UVC) são retidos pela camada de ozônio que envolve a Terra. Se essa camada desaparecesse, a quantidade de UVC que atingiria a superfície de nosso planeta extinguiria qualquer tipo de vida, em virtude de sua ação celulicida (ver 'Camada de ozônio, um filtro ameaçado', em *Ciência Hoje* n.º 28).

A região UVB compreende os raios mais energéticos que, atingindo as camadas mais superficiais da derme, causam a dilatação dos capilares sanguíneos, provocando um rubor congestivo ou vermelhidão da pele (eritema). Apresentam também uma elevada eficiência na formação da vitamina D e na pigmentação da pele das pessoas a eles expostos.

As radiações incluídas na faixa UVA são menos energéticas, atingindo as camadas mais profundas da derme. Desta forma, estimulam a produção de melanina e provocam o envelhecimento precoce da pele, fazendo com que suas fibras de sustentação percam a rigidez.

Para reduzir as conseqüências indesejáveis que geralmente acompanham o bronzeamento (e que podem chegar à alteração da resposta imunitária e à fotocarcinogênese), são freqüentemente empregados os filtros solares. Estas substâncias absorvem e refletem parte da radiação. Uma proteção eficiente deve eliminar cerca de 90% da radiação UVB. Com a finalidade de evitar que a proteção impeça o bronzeamento, os fabricantes de cosméticos passaram a adicionar, aos bronzadores, os psoralenos, que na presença de UVA intensificam a produção de melanina. Esse procedimento é proibido na Europa e nos Estados Unidos.

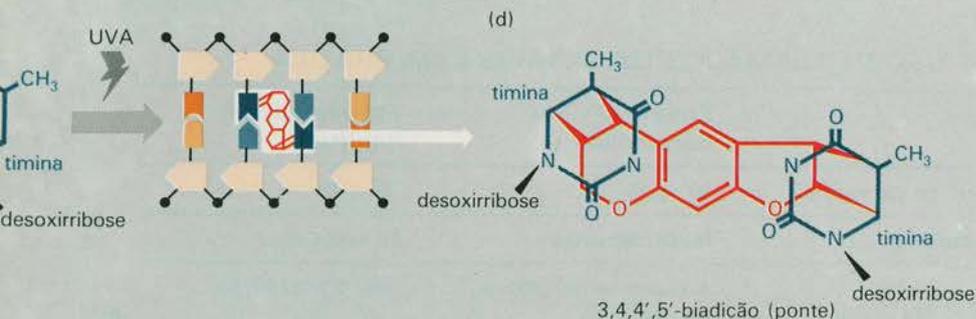
O consumidor desinformado também utiliza com freqüência os bronzadores caseiros, feitos com extratos de plantas. Nessas preparações, a concentração de psoralenos pode ser tão elevada que sua aplicação tópica, seguida da exposição ao Sol, provoca graves lesões, como queimaduras profundas. Essas receitas caseiras nunca bronzeiam e, quando não matam, deixam manchas vermelhas indeléveis, semelhantes a cicatrizes de queimaduras.

A elevada atividade mutagênica dos derivados bifuncionais utilizados em PUVA-terapia foi reconhecida em bactérias, sendo demonstrada posteriormente em vegetais e animais, inclusive em fibroblastos humanos. A freqüência estimada de mutantes na pele humana, por sessão de PUVA-terapia, foi de aproximadamente 1,2 em cada cem mil células. Já em pacientes submetidos a uma terapia de manutenção durante 30 anos, esta freqüência aumentou para 1,3 a cada cem células, o que é muito significativo.

Estudos bioquímicos sobre a eliminação das lesões fotoinduzidas pelos psoralenos revelaram que os mecanismos de reparação são mais eficazes na remoção de monoadições do que de pontes entre as fitas do ADN. Foi demonstrado que a reparação das pontes é também processada por mecanismos que cometem erros, alterando a informação genética da célula lesada. Assim, a maior atividade mutagênica dos psoralenos bifuncionais parece estar associada à sua capacidade de formar pontes entre as fitas de ADN. Esses estudos levam

a uma hipótese interessante: os agentes monofuncionais alteram menos o conteúdo informacional, sendo portanto menos mutagênicos.

Compostos monofuncionais recentemente sintetizados, tais como 4,5'-DMA e 3-CPs, mostraram-se tão eficazes na limpeza das placas psoriáticas, após aplicações tópicas, quanto os bifuncionais. Por outro lado, a mutagenicidade dos bifuncionais pode ser reduzida pelo uso de comprimentos de onda de 405 nanômetros, que permite a formação de monoadições.



### SUGESTÕES PARA LEITURA

- GOMES R.A. e LEITÃO A.C., *Radiobiologia e fotobiologia*, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (UFRJ), Rio de Janeiro, 1986.
- FITZPATRICK T.B. (org.), *Dermatology in general medicine*, McGraw-Hill, Nova Iorque, 1979 (2ª ed.).
- HENRIQUES J.A.P., 'Aspectos genéticos e moleculares da reparação de lesões induzidas pela fotoadição de furocumarinas na levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Papel dos genes PSO'. *Anais da Academia de Ciências do Estado de São Paulo*, vol. 3, pp. 27-31, 1982.
- MOUSTACCHI E. *et alii*, 'Biological role of photoinduced crosslinks and monoadducts in yeast DNA. Genetic control and steps involved in their repair', in *Cellular responses to DNA damages*. E.C. Friedberg e B.A. Bridges (orgs.). Nova Iorque, Alan S. Liss Inc., 1983.

# NECESSIDADE E MÉTODOS DE FARMACOVIGILÂNCIA

**Joan-Ramon Laporte e Dolors Capellà**

Universidade Autônoma de Barcelona

Desde a descoberta de um fármaco até sua comercialização, é necessário percorrer, passo a passo, um longo caminho, que não termina no balcão da farmácia. É preciso acompanhar e monitorar continuamente o desempenho do produto. Até hoje, foi a notificação espontânea que apontou o maior número de efeitos indesejáveis em remédios colocados no mercado. Por isso, 27 países já se associaram ao Programa Internacional de Farmacovigilância da Organização Mundial de Saúde, que montou um banco de dados a partir de 500 mil notificações de reações adversas.

Quando se descobre um novo medicamento — geralmente por síntese química — ele passa por um estudo farmacológico preliminar. A nova molécula é testada em uma série de modelos experimentais, *in vivo* e *in vitro*, para que suas propriedades farmacodinâmicas sejam definidas. Embora os dados obtidos em animais de laboratório não possam ser extrapolados automaticamente para a espécie humana, o estudo do novo fármaco nesses animais permite definir, por exemplo, as características de sua distribuição orgânica. A tragédia causada pela talidomida no início dos anos 60 levou ao desenvolvimento de métodos mais sofisticados de estudo toxicológico que incluem hoje, na maioria dos países, complicadas técnicas de estudo mutagênico (carcinogênico, teratogênico) tanto *in vitro* como *in vivo*.

Quando os resultados dessa primeira etapa são bons, começam os estudos do novo fármaco na espécie humana. Tradicionalmente, eles se dividem em quatro fases, que em alguns grupos farmacológicos são difíceis de diferenciar. A primeira é realizada em geral com voluntários saudáveis, para confirmar a tolerância do produto e sua segu-

rança a curto prazo. Na fase II buscam-se principalmente dados sobre farmacocinética e propriedades farmacodinâmicas do medicamento. Realizada também com voluntários, saudáveis ou não (de acordo com as propriedades do produto), a fase II também pretende determinar as doses, ou a margem das doses, para aplicação na fase III, que constitui o ensaio clínico controlado. Este consiste na comparação do no-

vo fármaco com outros já disponíveis no mercado, tomando-se como referência grupos de pacientes reunidos de maneira aleatória. Quando não se dispõe dessas alternativas de tratamento, o novo produto é comparado com um placebo (substância inócua). Nas situações clínicas em que o 'efeito placebo' possa ser relevante (por exemplo, tratamento de dor ou náuseas), é sempre conveniente incluir um grupo tra-

## 1. USO DE FÁRMACOS EM ENSAIOS E NA PRÁTICA

|                 | Ensaio clínico controlado          | Prática clínica habitual          |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| nº de pacientes | 10 <sup>1</sup> a 10 <sup>3</sup>  | 10 <sup>4</sup> a 10 <sup>7</sup> |
| duração         | horas/semanas                      | às vezes anos                     |
| pacientes       | excluem-se os grupos de alto risco | toda a população                  |
| outros fármacos | geralmente não                     | freqüentemente não                |
| doses           | fixas                              | variáveis                         |
| acompanhamento  | rigoroso                           | menos rigoroso                    |

tado com placebo e realizar o teste 'duplo cego', no qual nenhum dos participantes sabe o que efetivamente está tomando.

A informação obtida na fase III é considerada como a regra de ouro, que dá uma idéia da validade potencial do novo produto. Mesmo assim, e apesar de ser imprescindível, o ensaio clínico não permite prever o que ocorrerá na prática clínica rotineira. Nem sempre, também, é o método ideal porque, além de ser de difícil realização, freqüentemente sofre limitações derivadas de seus aspectos éticos. Além disso, para detectar efeitos adversos com uma freqüência inferior a um por mil, é preciso que inclua quatro mil pacientes em cada grupo de estudo — e isso nos casos mais simples, quando o efeito adverso não se manifesta também entre os pacientes do grupo de referência (controle). Na figura 1 estão resumidas as principais diferenças entre os testes clínicos e a prática terapêutica após a comercialização. Essas diferenças não são apenas quantitativas: a duração do tratamento costuma ser excessivamente breve nos ensaios; costuma-se também excluir deles os subgrupos 'de alto risco', como crianças, idosos, gestantes, pacientes com patologias associadas ou contra-indicações potenciais, bem como os que são tratados simultaneamente com outros fármacos, o que dificulta a identificação dos resultados. Finalmente, o acompanhamento clínico dos pacientes é muito mais rigoroso nos ensaios que na prática médica habitual (figura 2).

**F**ica portanto patente a necessidade de continuar estudando os fármacos após sua comercialização. Ao conjunto de técnicas empregadas para avaliar os efeitos dos medicamentos sobre a saúde, tanto em termos de benefícios terapêuticos como de reações adversas, chama-se farmacovigilância. A notificação de casos isolados de suspeitas de reações adversas tem sido o principal mecanismo de identificação de reações a medicamentos. Esta notificação, realizada pelo médico que os receitou, pode ser feita a uma revista médica ou a um centro de farmacovigilância. Alguns médicos, centros hospitalares ou centros de farmacovigilância podem assim reunir uma série — ou séries — de casos que tenham em comum a exposição a determinado medicamento. Por motivos óbvios, essas séries não são acompanhadas, porém, de grupos de controle.

Um estudo epidemiológico analítico sempre inclui um grupo de controle. No estudo caso/controle comparam-se os antecedentes do uso de fármacos em pacientes com enfermidades determinadas (casos) com os mesmos antecedentes em outras pessoas — geralmente do mesmo sexo e idade — que não padecem daquelas enfermidades (controles). Esse estudo apresenta uma série de

dificuldades metodológicas que obrigam a um cuidado especial em seu planejamento e realização, em particular no que se refere à seleção do grupo de controle.

Outro tipo de estudo, chamado de grupo, compara grupos de pacientes, uma parte deles exposta ao medicamento que se deseja conhecer melhor, outra parte não. Realiza-se o acompanhamento de ambos os grupos para verificar a freqüência das patologias em questão. Como em qualquer outro estudo epidemiológico, obtêm-se dados que são listados numa tabela. Eles permitem conhecer o risco relativo de um efeito adverso em relação ao uso de determinado fármaco. Esses estudos são mais difíceis de organizar e de levar a cabo do que os que chamamos caso/controle. Por isso

é fácil compreender que estes sejam mais empregados no estudo etiológico de enfermidades raras. No entanto eles não permitem conhecer a incidência absoluta das reações adversas, a não ser que se assegure que todos os casos da população em estudo serão identificados.

A diferença metodológica existente entre o estudo caso/controle e o estudo de grupo produz uma importante consequência: é que o primeiro permite analisar a associação entre uma doença e o uso anterior de vários fármacos, enquanto o segundo estuda um fármaco (ou grupo de fármacos) como possível determinante da aparição posterior de várias patologias. Por isso os estudos caso/controle às vezes foram ampliados para programas de vigilância caso/controle de enfermidades raras.

## 2. FASES DO DESENVOLVIMENTO DE UM FÁRMACO

### DESCOBERTA

- estrutura química
- características físico-químicas
- ações potenciais

### FARMACOLOGIA EXPERIMENTAL

- farmacodinâmica
- farmacocinética
- toxicologia (aguda, subaguda, crônica, mutagênese)

### FARMACOLOGIA CLÍNICA

- fase I: tolerância
- fase II: farmacocinética, farmacodinâmica, busca da dose
- fase III (ensaio clínico controlado): eficácia terapêutica e lugar potencial

### UTILIZAÇÃO

- comercialização
- farmacovigilância estatal

**C**ada método de farmacovigilância tem suas vantagens e suas limitações. Isso explica porque novos métodos são propostos continuamente. A monitoração da prescrição, forma de estudo de grupo desenvolvida na Grã-Bretanha, pode identificar, quantificar e até mesmo desmentir alguns riscos comparativos. Porém não foi capaz de assinalar reações intestinais graves ao benoxapofeno em 1982. Estados Unidos e Canadá desenvolveram grandes bancos de dados que contêm informação sobre o uso de medicamentos receitados a pacientes, conectada com informação relativa a internações hospitalares, que inclui diagnóstico clínico. Contudo exige um número muito elevado de pessoas e não recolhe informação sobre fármacos que puderam ser obtidos sem receita.

Até hoje o método que descobriu maior número de efeitos indesejáveis foi a notificação espontânea. O Programa Internacional de Farmacovigilância da OMS começou em 1968 com a participação de apenas dez países. Hoje, atinge 27. Até agora conseguiu reunir cerca de 500 mil notificações de reações adversas em um banco de dados situado no Centro Colaborativo da OMS, em Upsala (Suécia). A reunião de um número importante de suspeitas de reações adversas e sua análise adequada permitem identificar novas reações, bem como elaborar perfis comparativos dos efeitos indesejáveis de fármacos do mesmo grupo. Essa orientação tem grande valor, não só na descoberta e avaliação de novos efeitos indesejáveis produzidos pelos medicamentos, como na aprendizagem dos encarregados de sua prescrição e no estímulo à cooperação internacional no campo mais geral da avaliação dos medicamentos após sua comercialização.

*Nota: Apesar de ser membro da Organização Mundial de Saúde, o Brasil não tem acesso a esse banco de dados, pois não preenche o pré-requisito de possuir, pelo menos, um plano-piloto para farmacovigilância.*



# ELETRICIDADE SOLAR

**Ivan Chambouleyron**

Instituto de Física,  
Universidade Estadual de Campinas

A energia solar pode ter um papel integrador, alimentando regiões não ligadas às redes de distribuição dos energéticos convencionais. Mas, para isso, é preciso que se consiga reduzir os custos e superar dificuldades técnicas que limitam certas aplicações.

**A** despeito de sua enorme importância para o planeta Terra, o Sol não passa de uma estrela de tamanho médio. Como as outras de sua classe, originou-se da densificação de nuvens gasosas em consequência da gravitação. Com o tempo, à medida que a densidade cresce, a agitação — e portanto a temperatura — das partículas aumenta, podendo chegar num nível que permita a ocorrência de algumas reações nucleares. A partir de então, as estrelas dessa classe ingressam numa longa fase de relativa estabilidade, em que a tendência a colapsar por força da gravitação é quase compensada pela pressão da radiação que emitem. Em seu cen-

tro, onde a temperatura atinge milhões de graus, núcleos atômicos se chocam e interagem, dando lugar a reações de fusão.

O hidrogênio é o elemento mais abundante no Sol, correspondendo a 80% de sua composição. Em seguida vem o hélio, que responde pela quase totalidade dos 20% restantes. A principal fonte da radiação solar é a fusão de núcleos de hidrogênio, formados de prótons, partículas que em geral se repelem, pois têm igual carga elétrica (positiva). Quando a temperatura é suficientemente elevada, no entanto, forças atrativas de curto alcance passam a predominar e os prótons podem se aproximar, produzindo-se fusões. Nesse processo, em

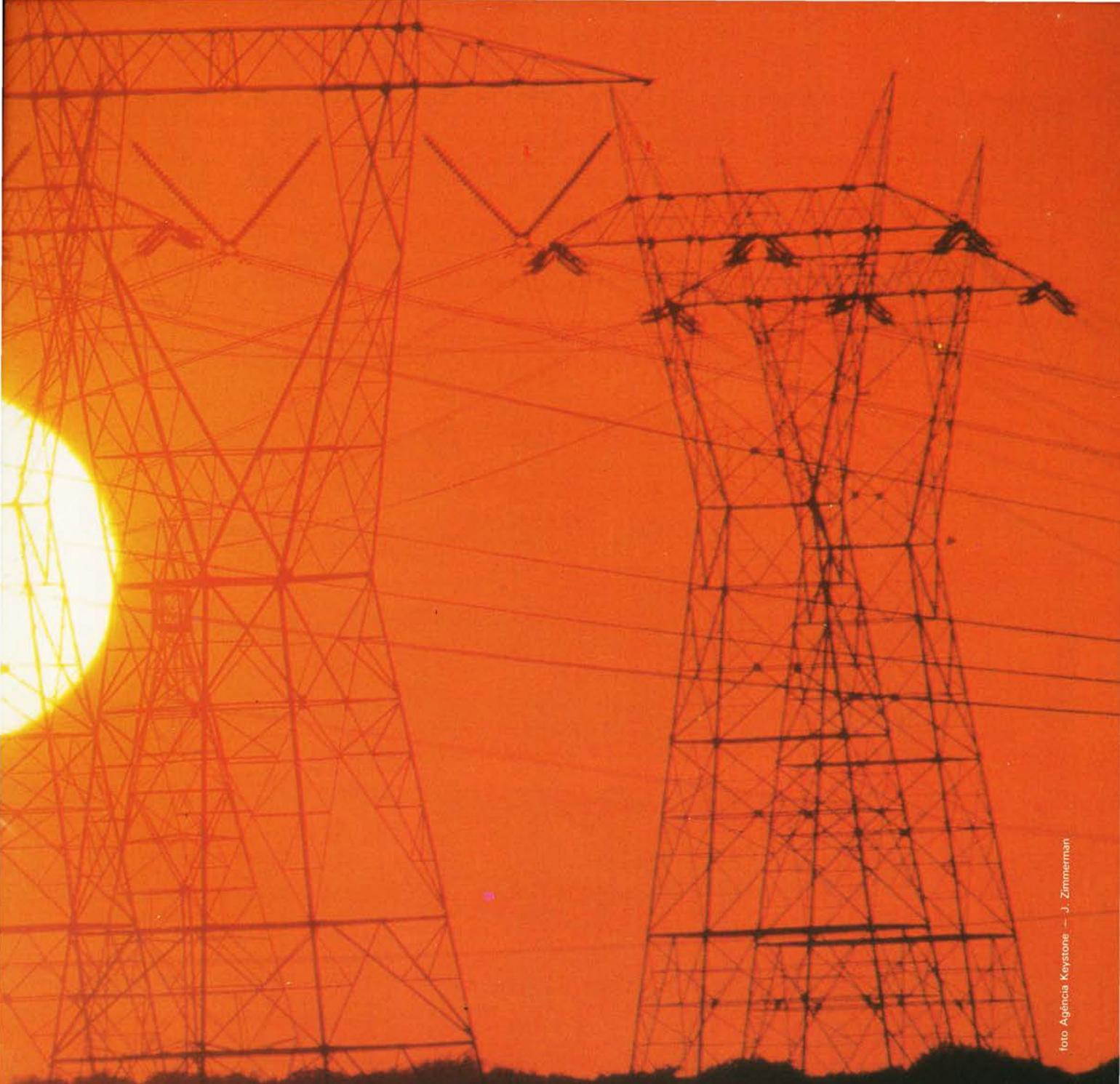


foto: Agência Keystone — J. Zimmerman

que quatro prótons formam um núcleo de hélio, ocorre a liberação de dois neutrinos (partículas de carga e massa nulas) e de radiação gama de considerável energia. Ao fim da reação, a massa da matéria que nela interveio está reduzida em aproximadamente 0,75%, com emissão correspondente de energia. O resultado disto é que o Sol perde, por segundo, quatro milhões de toneladas de sua massa. É grande o bastante, no entanto, para permanecer tal como o conhecemos por mais alguns bilhões de anos (ver 'Nascimento, vida e morte das estrelas', em *Ciência Hoje* n.º 2).

O centro do Sol, sede dessas reações, corresponde a 3% de seu volume. A radiação

dali emitida — essencialmente raios gama — modifica o restante da sua matéria, que tem cerca de 500 mil quilômetros de espessura. As radiações são compostas por fótons, cuja energia é inversamente proporcional ao seu comprimento de onda. Tendo o menor comprimento de onda conhecido, a radiação gama é extremamente energética. À medida que abandona o centro do Sol, ela passa a interagir e a colidir com outros núcleos e elétrons, sendo espalhada em todas as direções. A cada um desses eventos, sofre uma perda de energia. Ao atingir a superfície externa do Sol, a energia dos fótons, já bastante diminuída, apresenta uma distribuição semelhante à mos-

trada na figura 1. O máximo de radiação corresponde aos fótons visíveis.

Poucos minutos depois de abandonar a superfície do Sol, essa radiação atinge a órbita terrestre, depois de percorrer aproximadamente 150 milhões de quilômetros. A densidade de potência ainda é, nessa altura, de 1.300 watts por metro quadrado, o que permite avaliar a enorme quantidade de energia emitida pelo Sol. A radiação interceptada pela Terra interage de diversas maneiras com a atmosfera, sofrendo muitas mudanças antes de atingir o solo. A dezenas de quilômetros de altitude, os fótons ultravioletas são absorvidos por moléculas de oxigênio ( $O_2$ ), que se transformam em

moléculas de ozônio ( $O_3$ ). Elimina-se deste modo uma faixa de radiação nociva à vida, pois a luz ultravioleta queima a pele e os olhos e, em grandes doses, pode ocasionar câncer de pele.

Os fótons das faixas visível e infravermelha, que não têm a energia necessária para quebrar ligações moleculares, são espalhados ou absorvidos pelas moléculas dos diferentes gases presentes na atmosfera. A distribuição espectral da luz solar no nível da superfície da Terra é mostrada também na figura 1. Aparecem picos de absorção na faixa infravermelha, essencialmente devidos à absorção do vapor d'água e do gás carbônico. São também as interações da radiação solar e dos gases da atmosfera que determinam a cor, azul ou cinza, do céu (ver 'Ozônio, um filtro ameaçado', em *Ciência Hoje* n.º 28).

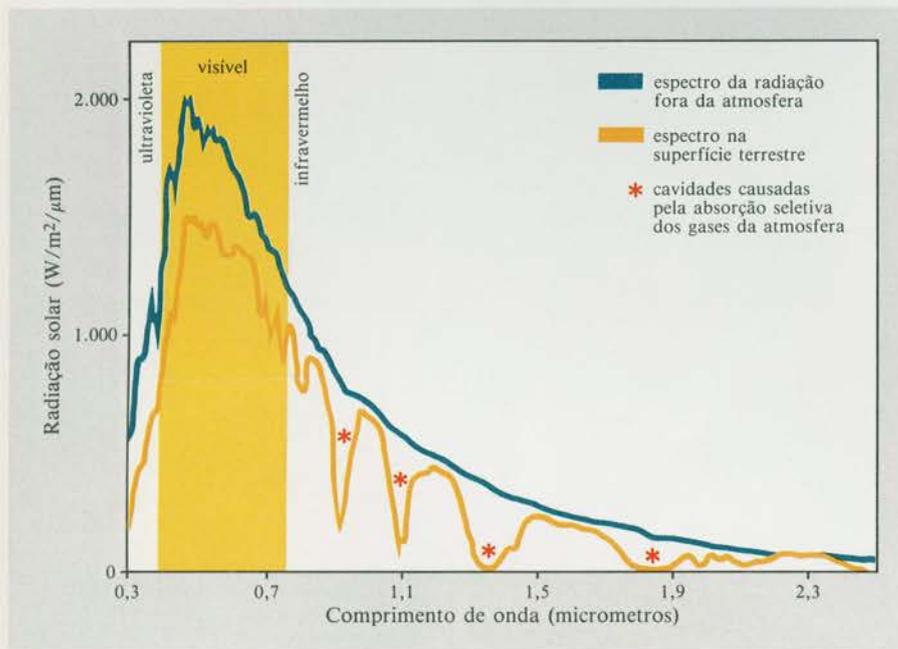


Fig. 1. O gráfico mostra a distribuição espectral da radiação solar (intensidade  $\times$  comprimento de onda). A curva superior corresponde à luz solar antes de sua passagem pela atmosfera; a inferior corresponde à que chega à superfície da Terra. O máximo da emissão solar está na faixa visível do espectro. A ordenada é uma densidade de energia, de tal modo que a área sob a curva e entre dois comprimentos de onda é proporcional à energia contida na radiação nessa faixa do espectro.

o equilíbrio energético entre a Terra e o Sol — o balanço dinâmico entre a radiação que o planeta recebe e a que ele próprio radia no espaço — que determina o equilíbrio térmico aqui vigente e, portanto, as temperaturas e os climas que experimentamos. A radiação solar é absorvida pela atmosfera, o solo e a água dos mares, lagos e rios. A passagem pela atmosfera, com as interações que ali se verificam, faz com que a radiação chegue à superfície da Terra com uma intensidade de potência cerca de 35% menor que aquela que exibiu na estratosfera. Num dia claro, a potência luminosa no nível do solo é de aproximadamente mil watts por me-

tro quadrado. Por outro lado, a Terra, cuja temperatura é de aproximadamente  $20^\circ C$ , emite também uma radiação, cuja distribuição espectral difere da do Sol: a emissão máxima corresponde a um comprimento de onda da ordem de dez micrometros ( $10 \mu m$  é a milionésima parte do metro). Para que o equilíbrio energético se mantenha, a quantidade de energia que a Terra recebe do Sol deve ser igual à que ela própria emite no espaço, num intercâmbio que envolve uma quantidade de energia milhares de vezes maior que aquela hoje consumida por toda a humanidade.

O equilíbrio energético entre o Sol e a Terra pode ser rompido seja pela variação da quantidade total de energia absorvida pela Terra, seja pela variação da taxa em que esta perde energia. A primeira resulta de mudança das propriedades ópticas da

da da ação do homem deve ser considerável. Até o momento, a elevação final de temperatura, assim produzida, tem sido pequena: a maior radiação restringe-se às grandes aglomerações e, como o calor adicional é distribuído pelos ventos por todo o planeta, o equilíbrio global não chega a ser muito afetado. Contudo, se a queima se generalizar, não haverá onde jogar o excesso de energia. A temperatura pode elevar-se, alcançando níveis perigosos.

A queima em grande escala de combustíveis fósseis, com a decorrente liberação de  $CO_2$ , produz o chamado efeito estufa, que também altera a quantidade de energia emitida pela Terra no espaço (ver 'Efeito estufa: uma ameaça no ar', em *Ciência Hoje* n.º 29). O planeta absorve radiação solar cujo máximo de emissão está na faixa visível. Essa energia faz aumentar a temperatura do solo, que a reemite numa faixa de comprimentos de onda maiores, porque a Terra é um corpo bem mais frio que o Sol. O  $CO_2$  presente na atmosfera absorve seletivamente a emissão a  $10 \mu m$  (que corresponde, como vimos, ao máximo da emissão terrestre) e parte dessa energia absorvida é devolvida à Terra; em contrapartida, ele absorve muito pouca radiação solar, cujo máximo ocorre noutra faixa de comprimentos de onda. O resultado é uma alteração do equilíbrio energético: a Terra passa a receber mais energia do que radia e a temperatura da sua crosta tende a se elevar (figura 2).

Não haveria vida na Terra, não fosse a energia solar — é ela que, pela fotossíntese, transforma água e gás carbônico em matéria orgânica. São amplas as possibilidades de aproveitamento energético desse material (biomassa), bem como de outras manifestações indiretas da energia solar, como a energia dos ventos, das quedas d'água ou dos gradientes térmicos dos oceanos; nos limitaremos aqui à chamada energia solar direta, sobretudo em seus aproveitamentos térmico e fotovoltaico. O primeiro consiste na captação da radiação, sob a forma de calor, seja para o aquecimento de fluidos de uso doméstico ou industrial, seja para a transformação do calor em outra forma de energia. O segundo consiste na transformação direta da energia radiante em eletricidade, sem a produção, no processo, de nenhuma forma intermediária de energia (química ou mecânica, por exemplo).

Com base nas características da emissão do corpo negro, estabelecidas pela mecânica quântica no início do século, sabemos que os corpos negros ideais são os que apresentam a maior absorção e o mais elevado coeficiente de emissão para qualquer comprimento de onda (ver 'Interação de radiação e matéria'). Assim, para aumentar a

## QUANTIDADES DE ENERGIA EM UNIDADES SOLARES

| Energia gerada | Observações           |
|----------------|-----------------------|
| 1              | Água fervendo         |
| 0,1            | Clima tropical        |
| 0,01           | Limite absoluto (1°C) |
| 0,001          | Nível dos EUA         |
| 0,0001         | Nível mundial         |

Fonte: A. Rose, 'A global view of solar energy in rational units', *Physica Status Solidi*, vol. 56, nº 11, 1979.

Fig. 2. Na coluna à esquerda, em submúltiplos de dez, são mostradas diferentes quantidades de energia em unidades solares (neste caso, uma unidade solar é a quantidade de energia que a Terra recebe do Sol). A expressão 'água fervendo' indica que, se a Terra gerasse uma quantidade extra de energia calorífica igual à que recebe do Sol (ou se recebesse o dobro da energia solar), sua temperatura final seria aproximadamente a da ebulição da água, o que impediria o desenvolvimento da vida no planeta. Se a quantidade de calor gerado na Terra correspondesse a 10% da energia recebida do Sol, a temperatura se elevaria de 20°C (valor médio atual) para 30°C, que corresponde ao clima tropical. Esse aquecimento da temperatura global acarretaria a fusão do gelo polar, com a conseqüente elevação do nível dos mares e outras catástrofes ecológicas que poderiam ameaçar gravemente a vida humana. Se a Terra gerasse 1% da energia que recebe do Sol, a temperatura global se elevaria em um grau celsius, que pode ser considerado o maior aumento aceitável. A linha quatro mostra que o nível global de geração nos Estados Unidos já corresponde a 1/10 desse limite, ou seja: a energia hoje gerada naquele país aproxima-se de um milésimo da energia solar recebida em seu território. Em escala mundial, estamos bastante abaixo desse valor: a energia total gerada na Terra corresponde à energia solar que incide sobre 0,0001% da superfície do planeta.

## INTERAÇÃO DE RADIAÇÃO E MATÉRIA

Os corpos se aquecem quando expostos à luz do Sol — disto sabemos todos. Bem menos óbvia, no entanto, é a explicação desse fenômeno. Para compreendê-lo, é preciso lançar mão da teoria da interação de radiação e matéria, desenvolvida já neste século como desdobramento da mecânica quântica. Segundo essa teoria, a matéria apresenta uma natureza dual, comportando-se tanto como partículas quanto como ondas. A energia de uma partícula é dada por  $E = h\nu$ , onde  $h$  é uma constante universal, denominada constante de Planck, e  $\nu$  é a frequência da onda. O comprimento de onda associado a essa partícula é  $\lambda = V/\nu$ , onde  $V$  é a velocidade com que a onda se propaga (no caso da luz e das demais ondas eletromagnéticas,  $V = 300.000$  km/s, no vácuo). A energia de uma partícula é, portanto, inversamente proporcional ao comprimento de onda a ela associado.

Nos átomos isolados, os elétrons formam uma nuvem em torno do núcleo, correspondendo a cada um deles uma certa energia. Um fóton pode interagir com um desses elétrons e, cedendo-lhe sua energia, levá-lo a um nível energético superior. Usamos, neste caso, a expressão 'nível excitado'. Átomos isolados (num gás, por exemplo) absorvem fótons correspondentes a algumas energias, formando um espectro discreto de absorções. Estas correspondem às transições possíveis entre níveis de energia eletrônica permitida. Quando os átomos estão muito juntos, como no caso da matéria condensada, aqueles níveis discretos se convertem em faixas de energia eletrônica permitida e o espectro de absorção é um quase-

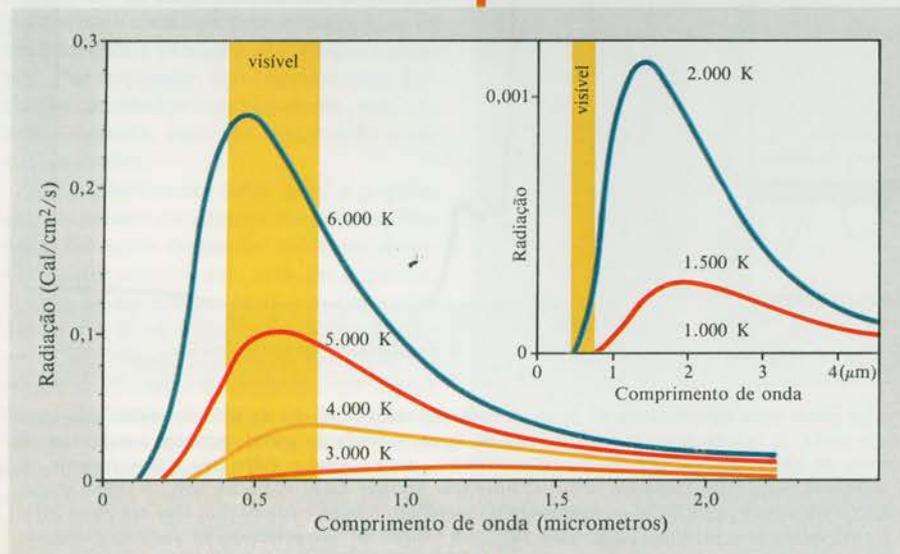
contínuo (ver 'Controlando átomos com luz', em *Ciência Hoje* nº 53).

As qualidades de transparência ou opacidade de um corpo são determinadas pela estrutura das camadas eletrônicas mais externas aos átomos (os chamados elétrons de valência), responsáveis pelas forças de ligação no material. Um corpo que absorve radiação fica num nível excitado, com elétrons de alta energia e átomos vibrando em todas as direções, o que equivale a um aumento de temperatura. O corpo tenta voltar à situação anterior, de equilíbrio, reemitindo essa energia extra. A distribuição energética dos fótons reemitidos depende dos estados eletrônicos permitidos no material.

A interação de radiação e matéria é mais simples, no entanto, no caso de um corpo ideal que, contendo um número infinito de energias permitidas, absorveria integralmente qualquer radiação recebida em sua superfície: é o chamado corpo negro. O estabelecimento das características da emissão do corpo negro, realizado no início do século por Max Planck — que encontrou a fórmula do espectro e a relação entre ele e a temperatura do corpo —, foi o primeiro grande triunfo da mecânica quântica. O trabalho do físico alemão demonstrou que (1) a quantidade de energia emitida é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta e (2) o produto da temperatura absoluta e do comprimento de onda no máximo do espectro é constante. Ou seja: um corpo mais quente emite mais energia e fótons de menor comprimento de onda (mais energéticos).

O espectro da emissão do Sol é muito parecido com o da emissão de um corpo negro a 5.500°C, com o máximo na faixa visível (figura 3). A Terra, pelo contrário, sendo um corpo bem mais frio, tem o máximo de emissão na faixa do infravermelho. Há um equilíbrio dinâmico entre a energia de radiação que a Terra recebe do Sol (visível + infravermelho) e a que ela emite no infravermelho.

Fig. 3. Distribuição espectral da luz radiada por um corpo negro, para diferentes temperaturas, na faixa de mil a seis mil graus kelvin (K). A emissão cresce abruptamente com a elevação da temperatura e tende a comprimentos de onda menores. À temperatura de 6.000 K, que corresponde aproximadamente à da superfície do Sol, o máximo da emissão está na faixa visível do espectro. Para uma temperatura de 1.000 K, o máximo da luz radiada está na faixa do infravermelho, a aproximadamente três micrometros.



temperatura de um corpo exposto ao Sol, podemos pintá-lo de preto. Sua temperatura final será ainda maior se aproveitarmos o efeito estufa. A figura 4 mostra o princípio básico de funcionamento dos aquecedores solares de água ou de ar. Com boas condições de irradiação, esses aparelhos permitem obter temperaturas da ordem de 100°C, sendo ideais para as aplicações ditas de baixa temperatura.

Coletores planos para aquecimento de água tendo em vista o uso doméstico são um exemplo bem-sucedido de aplicação maciça da energia solar e existem aos milhões em países como Israel, Austrália e Japão — e, em menor escala, no Brasil. O mesmo princípio permite o aquecimento do ar em secadores de grãos e sementes, com a vantagem de que, neste caso, os sistemas são menos sofisticados, podendo competir com os que fazem uso de combustíveis tradicionais. A adoção desse processo ajudaria a evitar perdas nos volumes colhidos (de até 50% nos países subdesenvolvidos) em decorrência do armazenamento deficiente, que os expõe à umidade.

Para aplicações que exijam temperaturas mais elevadas, utilizam-se concentradores de luz solar. Estes podem ser de diversos tipos, dependendo do valor máximo de concentração desejado. As maiores concentrações, e portanto as maiores temperaturas, são proporcionadas por concentradores parabólicos. A geração de vapor d'água de temperatura média (150-200°C) por meio da energia solar tem inúmeras aplicações, sendo cogitada como uma maneira de evitar a queima de combustíveis fós-

seis em algumas indústrias, como a de transformação de alimentos. A técnica de concentrar luz com espelhos planos (heliostatos) orientados para convergir num ponto único é a mais antiga e tem sido usada na geração de calor na faixa de 300 a 500°C.

Quando o objetivo não é usar o calor gerado, mas transformar a energia térmica em outra forma de energia (mecânica ou elétrica, por exemplo), interessa trabalhar com a maior temperatura possível, porque a eficiência da conversão é limitada. Seu valor máximo, dado pelo chamado rendimento de Carnot, é proporcional à diferença de temperatura entre a fonte de calor (neste caso, o receptor no concentrador) e a fonte fria (em geral os condensadores em temperatura ambiente).

As centrais solares térmicas funcionam segundo os mesmos princípios que as centrais convencionais que utilizam petróleo, gás ou energia nuclear. Em todos os casos, trata-se de aquecer um fluido que, ao se expandir, transfere energia a uma turbina acoplada a um alternador que gera eletricidade. Experiências feitas em países avançados com o uso de heliostatos em centrais térmicas mostram que os ciclos térmicos frequentes por que passam os equipamentos — seja pela interferência das nuvens, seja pelo próprio ciclo dia-noite — ocasionam alguns problemas, em particular para os materiais do absorvedor. Assim, ao passo que as aplicações que usam calor em baixa temperatura não apresentam problemas, as tecnologias que exigem altas temperaturas ainda não apresentam o mesmo grau de amadurecimento.

O efeito fotovoltaico permite a geração de eletricidade diretamente a partir da luz solar (ver 'O efeito fotovoltaico'). É ele a base do funcionamento das células solares, que se tornaram famosas nos anos 60 por serem os elementos geradores de energia dos satélites artificiais. Os materiais usados na fabricação desses dispositivos são os semicondutores, em particular o silício, que é também a base de quase toda a indústria eletrônica. Fundamentalmente, uma célula solar é uma lâmina de semicondutor de grande área, fabricada de modo a conter em seu interior um campo elétrico que permita separar os portadores de carga elétrica gerados pela luz. A corrente é coletada por contatos metálicos dispostos nas superfícies.

Para que uma célula solar seja eficiente é preciso, por um lado, que a maioria dos fótons do espectro solar seja absorvida pelo semicondutor e, por outro, que os portadores de carga fotogerados sejam separados internamente e coletados no circuito exterior. A primeira condição depende do valor da faixa de energias proibidas (ou hiato energético) do semicondutor, que separa, no material, a faixa eletrônica de condução da faixa eletrônica de valência. Fótons com energia menor que a desse hiato energético não são absorvidos pelo semicondutor. A segunda condição depende da qualidade do material empregado e da tecnologia de fabricação. Em geral, a eficiência de conversão de uma célula solar — isto é, a relação entre a potência elétrica gerada e a potência de radiação incidente sobre o semicondutor — é da ordem de 10%.

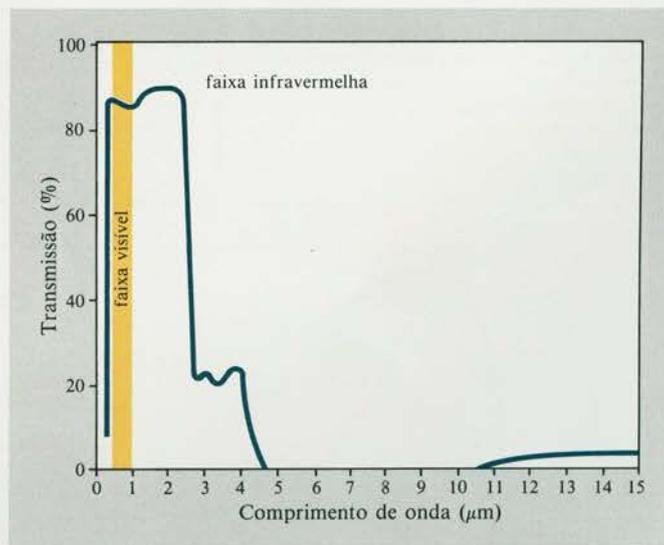
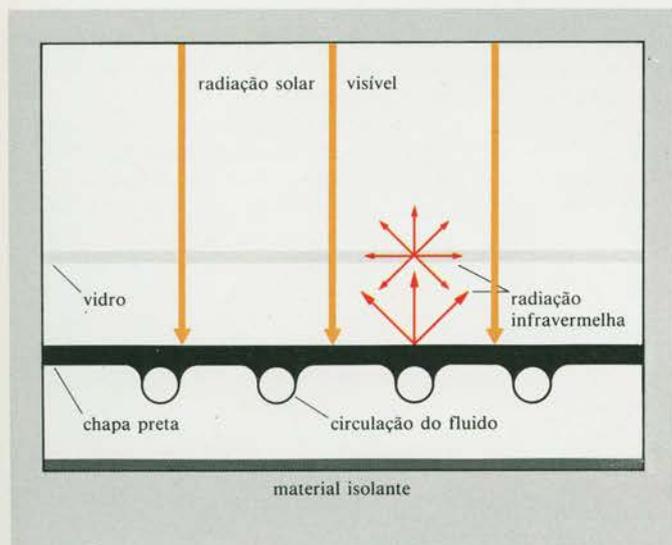


Fig. 4. À esquerda, vemos o esquema de um coletor solar plano para aquecimento de água. A radiação solar (visível e no infravermelho próximo) passa através do vidro e é absorvida pela placa metálica preta. A tubulação para a circulação da água, soldada ao metal, também é aquecida. A chapa preta reemite o excesso de calor num comprimento de onda maior (cerca de dez micrometros), para o qual o vidro não é transparente. A absorção dessa radiação infravermelha, por sua vez, aquece o vidro, que radia em todas as direções. Metade dessa radiação volta à chapa preta, cuja temperatura se eleva ainda mais. Para evitar perdas térmicas por convecção, os componentes metálicos (chapa e tubulação) têm sua parte inferior termicamente isolada. O gráfico à direita mostra o coeficiente de transmissão óptica do vidro em função do comprimento de onda da radiação. Para fótons do visível e do infravermelho próximo, o vidro é transparente (transmissão da ordem de 90%). Para fótons com mais de quatro micrometros de comprimento de onda, o vidro é completamente opaco (absorve toda a radiação).

Os semicondutores são materiais que conduzem eletricidade pior do que os metais (os condutores) e melhor do que os isolantes. Essa propriedade de 'semicondução' é consequência direta da distribuição dos níveis de energia que podem ser ocupados pelos elétrons dos átomos que compõem o sólido. Um arranjo periódico de átomos, como acontece por exemplo nos cristais, modifica os níveis energéticos discretos dos elétrons mais fracamente ligados aos átomos, chamados elétrons de valência.

Nos materiais chamados semicondutores, aparecem, no espectro de energia eletrônica, faixas de energia permitida e faixas de energia proibida (também chamadas de faixas proibidas ou hiatos energéticos). A figura 5 mostra as faixas de energia de um semicondutor. Os elétrons ocupam normalmente a faixa de valência e podem ser excitados para a faixa de condução, seja por agitação térmica, seja pe-

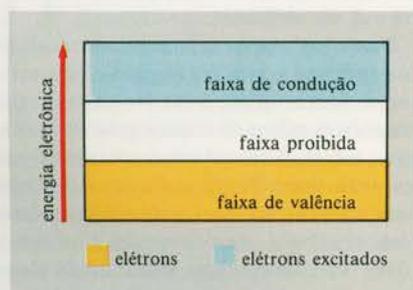


Fig. 5. Níveis de energia dos elétrons num sólido semicondutor. Nos semicondutores, os elétrons que participam da condução têm energias localizadas nas chamadas 'faixas permitidas' (faixas de valência e de condução). Existem também energias proibidas para os elétrons, no chamado 'hiato energético'. Os elétrons ocupam normalmente a faixa de valência e podem ser excitados para a de condução, seja por agitação térmica, seja pela absorção de fótons de energia maior que a faixa proibida. A largura desta é um parâmetro característico de cada semicondutor.

Num dia claro, ao meio-dia, pode ser gerada uma potência elétrica de cem watts por metro quadrado de módulo fotovoltaico.

Existem hoje muitos materiais semicondutores apropriados para a conversão fotovoltaica. Entre o silício cristalino e o silício amorfo hidrogenado, que são os mais comumente usados, há diferenças de estrutura. No primeiro, os átomos ocupam posições regulares no espaço, formando uma rede perfeitamente periódica (cristal). No segundo, que é de utilização mais recente e mais promissor do ponto de vista econômico, essa periodicidade não é respeitada.

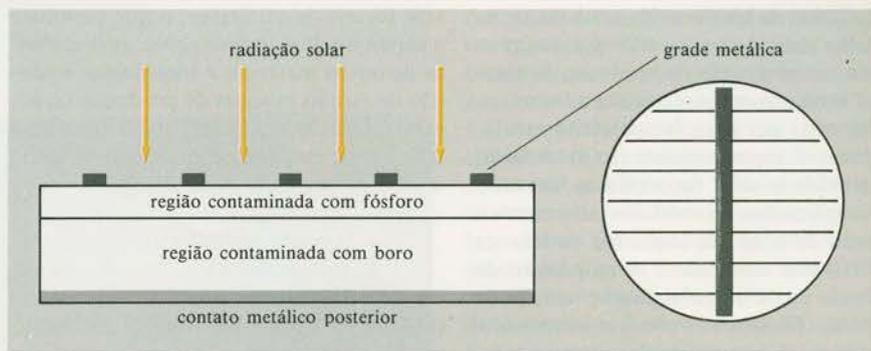


Fig. 6. Estrutura de uma célula solar de silício cristalino e vista superior da grade metálica de coleção (as regiões contaminadas que formam a barreira de potencial interna não estão desenhadas em escala). A região contaminada com fósforo, ou região frontal, tem 0,5 micrometro de espessura; a base, contaminada com boro, tem espessura típica de 300 a 400 micrometros. O contato metálico frontal tem forma de grade para que a radiação solar possa atingir o semicondutor. Uma célula solar como esta tem uma tensão de trabalho de 0,5 volt e, sob boas condições de irradiação, gera corrente de aproximadamente 30 miliampères por centímetro quadrado de célula.

la absorção de fóton de energia maior que a faixa proibida. A largura desta é um parâmetro característico de cada semicondutor. No caso do silício cristalino, é necessário um fóton visível ou do infravermelho muito próximo para poder excitar um elétron da faixa de valência para a faixa de condução. Se isto ocorre, dizemos que o fóton é absorvido.

Quando, em consequência de uma excitação, um elétron passa da faixa de valência para a faixa de condução, ele deixa na primeira um 'buraco' (ou elétron ausente), o qual se comporta, do ponto de vista do transporte de carga, como uma partícula de carga positiva. Se uma diferença de potencial for aplicada no semicondutor, tanto os elétrons quanto os buracos contribuirão para a corrente elétrica. Na presença desse campo elétrico, os buracos se movimentarão numa direção e os elétrons (negativos) na direção contrária. Construindo um potencial eletrostático dentro do material, podemos separar as cargas positivas das negativas. Neste caso, o semicondutor, quando ilu-

minado, se comportará como uma bateria: as cargas positivas se acumularão numa região e as negativas em outra. Se conectamos as duas regiões com um fio externo, circulará uma corrente elétrica.

Nas células solares de silício cristalino, o campo elétrico interno é fabricado por processos de contaminação controlada e seletiva do material semicondutor. As impurezas mais utilizadas para esse fim são o fósforo e o boro, que permitem construir internamente a barreira de potencial desejada. A figura 6 mostra a estrutura final de uma dessas células solares.

A corrente elétrica produzida pelas células solares depende da intensidade da radiação e da área iluminada. A tensão fornecida é de apenas uma fração de volt. Para uma utilização eficiente, é preciso conectar um conjunto de células em série até atingir tensões de alguns volts. Esses conjuntos são chamados módulos fotovoltaicos. Um número variado de módulos, por sua vez, é conectado eletricamente, até se alcançar a potência elétrica desejada.

Alguns dos defeitos que acompanham a estrutura imperfeita são compensados com átomos de hidrogênio. Filmes muito finos de silício amorfo hidrogenado são suficientes para a fabricação de células solares relativamente eficientes. Eles são depositados a baixa temperatura (250°C), e grandes áreas podem ser cobertas sem maiores dificuldades.

Em laboratório, é possível fabricar células solares de silício cristalino com até 20% de eficiência de conversão; as produzidas industrialmente apresentam uma eficiência da ordem de 10 a 12%. No caso do

silício amorfo hidrogenado, obtêm-se de 10 a 12% de eficiência em laboratório e de 7 a 8% nos módulos produzidos maciçamente, mas seu custo de fabricação é menor que o das células de silício cristalino. Muitos laboratórios, em todo o mundo, estão empenhados em desenvolver tecnologias que otimizem os parâmetros custo e eficiência.

A eletricidade solar fotovoltaica é considerada a tecnologia energética ótima. As células solares convertem diretamente a energia solar (a mais abundante fonte renovável) em eletricidade (energia de mais alta qualidade termodinâmica). O proces-

so de geração, executado por dispositivos semicondutores, não tem partes móveis, não produz cinzas nem outros resíduos e, por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera. Na verdade, se assemelha mais à fotossíntese que aos processos convencionais de produção de energia. Como não envolve queima de combustíveis, evita por completo o efeito estufa.

Uma vez que os sistemas são modulares, a eletricidade solar fotovoltaica tem múltiplas aplicações: os módulos necessários à geração da potência requerida podem ser rapidamente instalados. A ampliação da potência é obtida pela simples adição de módulos. Os sistemas são freqüentemente usados nas telecomunicações, como nas repetidoras de microondas. Nos países em desenvolvimento, as aplicações ideais encontram-se nas áreas isoladas ou distantes das redes de distribuição de energia elétrica: comunicações, bombeamento d'água, processamento de alimentos, sistemas de refrigeração, sinalização automática ou eletrificação de cercas.

A geração de grandes potências, da ordem de dez megawatts, tem sido empreendida com sucesso nos EUA. Na Europa e no Japão, centrais menores alimentam a rede comercial, permitindo economia de combustíveis fósseis. Até o momento, o quilowatt-hora de origem solar custa entre três a cinco vezes mais que o produzido por métodos convencionais. À medida que as

tecnologias evoluem, porém, esses custos diminuem, e espera-se que na próxima década possam competir com os da geração de eletricidade pela queima de combustíveis fósseis ou nucleares, o que permitirá a expansão de suas aplicações. A descoberta de novos materiais e tecnologias e adoção de escalas maciças de produção farão, sem dúvida, da conversão fotovoltaica uma das fontes energéticas mais convenientes que a humanidade já conheceu.

**D**o ponto de vista estritamente técnico-econômico, o aquecimento solar de fluidos a baixa temperatura (60-80°C) já é uma tecnologia madura. Os materiais necessários à construção dos equipamentos (metais, plásticos, vidros etc.) são produzidos em grande escala por indústrias com grande experiência. É pouco provável que os custos de produção venham a diminuir com a expansão de seu uso. A eficiência de conversão atingida pelos diversos modelos disponíveis também está próxima do máximo esperável. A popularização dessa tecnologia depende, portanto, mais de uma política energética que privilegie as fontes renováveis que de uma revolução tecnológica.

No caso da necessidade de geração de altas temperaturas a situação é outra: subsistem problemas técnicos com relação aos sistemas de concentração e aos materiais usados. O calor de 200 a 350°C, gerado por

sistemas concentradores, parece ter aplicação limitada aos casos em que o requerimento energético final seja também de calor, pois, à medida que a tecnologia fotovoltaica avança, a geração de energia elétrica a partir do calor solar afigura-se menos interessante.

A conversão fotovoltaica é bem mais promissora. Por um lado, desenvolvimentos tecnológicos vêm permitindo constante barateamento dos processos de produção. Por outro, avanços na compreensão dos mecanismos que limitam a eficiência da conversão vêm permitindo sua superação pelo uso de novas estruturas e materiais. Haverá mudanças importantes no tamanho e na configuração do mercado para esses sistemas nos próximos anos.

O sistema fotovoltaico ideal seria eficiente, barato, confiável e durável, atributos que a tecnologia vem tendo dificuldades em combinar num único produto. Assim, o sistema que emprega o silício monocristalino é eficiente, confiável e durável mas não barato. Já as tecnologias baratas, como as que usam o silício policristalino de menor grau de pureza ou o silício amorfo hidrogenado, deixam a desejar quanto à eficiência e à durabilidade.

Conjugar esses parâmetros de qualidade e preço vem sendo a meta das pesquisas que se fazem nessa área. No caso do silício policristalino de menor grau de pureza (grau solar), desenvolvem-se em vários países, inclusive o Brasil, esforços industriais para a produção maciça de células solares com eficiência de conversão superior a 10%. Na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), está em curso há cinco anos um programa de desenvolvimento de silício grau solar a partir de silício metálico, de que o Brasil é grande produtor. Células solares feitas no Laboratório de Conversão Fotovoltaica do Instituto de Física da Unicamp (com material preparado na Faculdade de Engenharia da mesma universidade) apresentam eficiência de conversão na faixa dos 5%. O mesmo laboratório vem concentrando esforços ainda maiores na área dos semicondutores amorfos. A partir de 1982, desenvolveu a tecnologia de fabricação de células solares de silício amorfo hidrogenado, a partir dos mais avançados materiais e concepções. Simultaneamente, empenha-se na preparação de outros semicondutores e ligas amorfas de interesse fotovoltaico e no domínio de suas propriedades. O objetivo do programa é obter maior eficiência de conversão nas chamadas células solares multicóres, que aproveitam melhor a energia dos fótons do espectro solar.

Uma célula solar convencional tem dois mecanismos de perda básicos. Por um lado, os fótons de energia menor que a do hiato energético não são absorvidos no se-

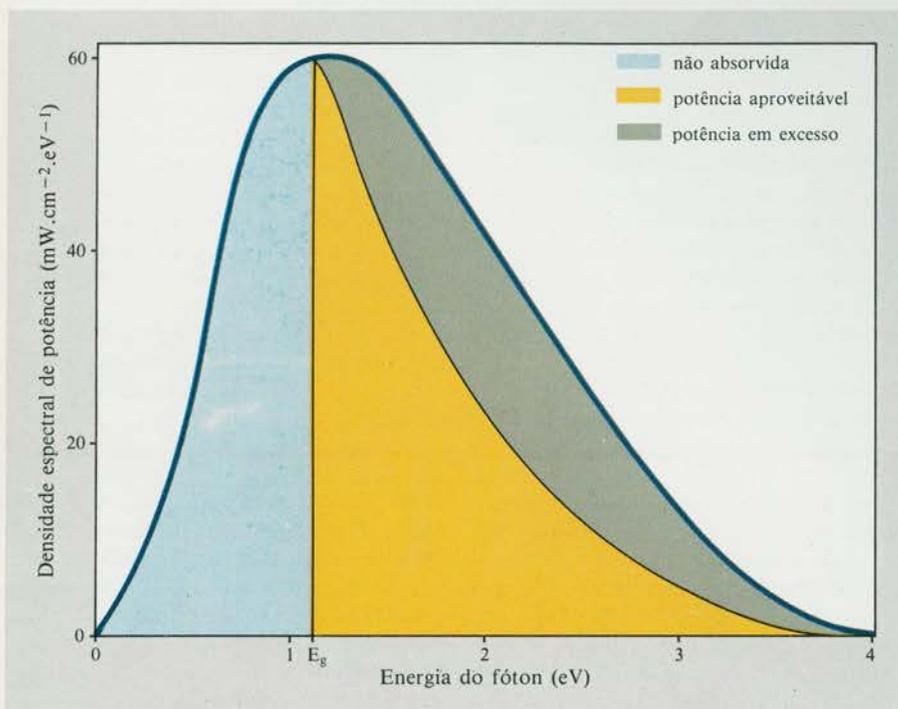


Fig. 7. Mecanismos de perda de uma célula solar convencional de silício monocristalino. O gráfico mostra a densidade espectral de potência de radiação em função da energia dos fótons (as diversas bandas de absorção atmosférica não estão representadas). À esquerda do valor do hiato energético ( $E_g$ ), os fótons não são absorvidos; à direita desse valor, aparece uma energia em excesso, também não aproveitada para a conversão fotovoltaica. Neste caso, a energia útil para a conversão fotovoltaica é de apenas 44% daquela recebida pela célula.

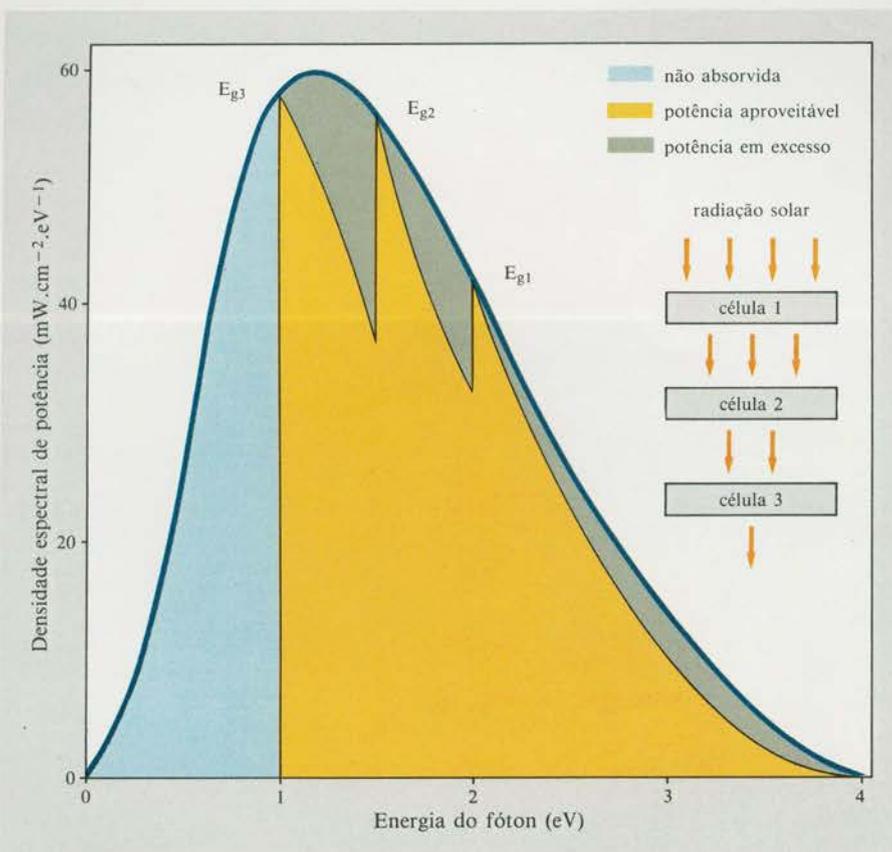


Fig. 8. Numa estrutura multicor (o desenho mais acima mostra o esquema de uma, feita com três células empilhadas) as perdas são menores, tanto na região de baixa energia quanto na de alta energia. No gráfico,  $E_{g1}$ ,  $E_{g2}$  e  $E_{g3}$  correspondem aos hiatos energéticos dos diferentes materiais de que são feitas as três células que compõem a estrutura. A célula 1, tendo um  $E_g$  grande, só absorve fótons de grande energia; a célula 2 absorve parte dos fótons que passam através da célula 1; finalmente, a célula 3 trabalha com os fótons de menor energia. A área de energia aproveitável fica assim aumentada.

micondutor, que é transparente para essa radiação; toda a energia que contém é perdida para a conversão fotovoltaica (no caso do silício cristalino, são perdidos 23% do total do espectro). Por outro lado, no caso dos fótons de energia maior que a do hiato energético, a energia em excesso em relação à faixa proibida é perdida no semicondutor sob forma de calor, não contribuindo para a geração de eletricidade (figura 7). Há outros fatores de perda, mas de menor importância, estando alguns deles ligados à tecnologia de fabricação dos dispositivos.

Uma maneira de contornar parcialmente esses problemas consiste em empilhar células solares feitas com materiais semicondutores de faixas proibidas diferentes, de tal maneira que cada uma absorva fótons de diferentes regiões do espectro solar. São as células multicor, cujo esquema e modo de aproveitamento da energia são mostrados na figura 8. É possível também fabricar semicondutores amorfos com hiato energético variável. Dependendo de suas concentrações, as ligas de silício (ou germânio) e carbono, por exemplo, apresentam hiatos energéticos maiores que o semi-

condutor elementar. Efeito similar é obtido pela mistura de silício ou germânio com nitrogênio. Para fabricar materiais com hiato energético entre os do silício amorfo hidrogenado (1,8 elétron-volt) e o germânio amorfo hidrogenado (1,1 elétron-volt) basta preparar ligas de ambos os materiais em proporções variáveis. Outra maneira de diminuir o valor do hiato energético consiste em fazer ligas com estanho.

A produção industrial das células multicor ainda encerra problemas. O maior é o derivado da degradação das propriedades de transporte de carga elétrica nesses novos materiais. Entender e dominar esses mecanismos de degradação é o maior desafio enfrentado pelos laboratórios engajados nessa pesquisa. No Laboratório de Conversão Fotovoltaica da Unicamp, desenvolve-se um avançado programa em ligas semicondutoras amorfas e um esforço de fabricação de dispositivos a partir das mesmas. Em particular, estão em curso pesquisas pioneiras em carbetos de silício e nitretos de silício e germânio, em ligas de germânio-estanho e no aprimoramento das propriedades do germânio amorfo hidrogenado.

O papel que a energia solar desempenhará no futuro dependerá das características e da situação energética de cada país. Entre outros parâmetros, há que considerar a disponibilidade de energéticos convencionais, em particular o petróleo, que continua sendo o mais utilizado (sobretudo na medida em que a confiança nas tecnologias nucleares foi abalada, nos últimos anos, pela ocorrência de graves acidentes em países avançados). Cabe ainda considerar a especificidade dos problemas energéticos enfrentados pelo país e o grau em que chegou a desenvolver a indústria solar. Não há dúvida, entretanto, de que a energia solar aparece como mais uma fonte energética à disposição da humanidade, devendo complementar as demais num futuro que privilegiará o pluralismo tecnológico.

O caráter não poluente dos aproveitamentos da energia solar é uma de suas características mais favoráveis. É inegável que muitas de suas aplicações envolvem custos diretos maiores que a de combustíveis convencionais. Mas as diferenças deixam de ser tão grandes quando são computados os custos indiretos da utilização destes últimos, decorrentes, por exemplo, da degradação do ambiente ou dos prejuízos que daí resultam para a saúde da população. Além das variáveis meramente técnicas e econômicas, outras — inclusive de natureza social e política — determinarão o lugar a ser ocupado pela energia solar na organização a ser adotada na era pós-petróleo.

No Terceiro Mundo em geral, e no Brasil em particular, a energia solar deverá ter um papel integrador, fornecendo energia, de forma descentralizada, a grandes regiões não conectadas às redes de distribuição dos energéticos convencionais. Isto depende basicamente, porém, do estabelecimento de uma política que incentive tanto a produção de equipamentos como sua utilização. À medida que as tecnologias solares se tornam mais competitivas do ponto de vista econômico, torna-se urgente, no caso do Brasil, a definição de políticas que impeçam que uma nova dependência tecnológica se estabeleça neste campo, como já tem acontecido no setor energético tradicional.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- PALZ W., *Eletricidad solar: estudio economico de la energia solar*. Barcelona, Editorial Blume, 1978.
- BECKMAN W. A. e DUFFIE J. A., *Solar energy thermal processes*. Nova Iorque, John Wiley, 1974.
- BRINKWORTH B. J., *Solar energy for man*. Salisbury, The Compton Press, 1974.
- CHAMBOULEYRON I., 'Energia solar fotovoltaica', in *Economia e Tecnologia da Energia* (E. Rovere, L. P. Rosa e A. P. Rodrigues, orgs.). Rio de Janeiro, Marco Zero, 1985.

# A história d



foto cedida pelo autor

# o Velho Brasil

**Pedro Ignácio Schmitz**

Instituto Anchieta de Pesquisas,  
São Leopoldo (RS)

*Quando Portugal descobriu o Brasil, mais de 500 gerações da nossa espécie haviam deixado neste território as marcas de suas atividades e de sua luta pela sobrevivência. Essa história, que nada tem de fantasiosa, pode ser conhecida por documentos que só os arqueólogos sabem ler: pedras primitivamente talhadas, restos de refeições milenares, pinturas em rochas e vestígios de rituais de sepultamento, de fogueiras há muito apagadas, de acampamentos quase imperceptíveis. Vinte equipes arqueológicas espalhadas pelo país selecionaram cuidadosamente todo esse material e o interpretaram. Às primeiras hipóteses levantadas acrescentam-se, a cada ano, a cada pesquisa, novos dados que contribuem para tornar a história mais concreta.*

Antigo sepultamento em abrigo de Serranópolis: o corpo foi dobrado para ser enterrado.

O período situado entre dez mil e cinco mil anos a.C. representa o capítulo inaugural do povoamento do nosso território atual. A Terra saía então de um período extremamente frio, cujas marcas ficaram impressas na paisagem, na vegetação e na fauna, condicionando também as atividades humanas. Ele corresponde à última das grandes glaciações que acompanharam a existência do homem sobre a Terra. Essas glaciações, que duraram dezenas de milhares de anos cada uma, se repetem em ciclos e são intercaladas por períodos quentes, igualmente longos, com temperatura semelhante à atual, mas geralmente mais alta. No hemisfério Norte, camadas de gelo de milhares de metros de altura cobriam, na última dessas glaciações, a Europa (desde o pólo até a altura onde hoje está Londres) e a América (até perto da Nova Iorque que conhecemos). No hemisfério Sul a extensão das geleiras era menor, mas seus efeitos não eram muito diferentes. A água congelada na terra faltava no mar, cujo nível era correspondentemente mais baixo. As faixas de vegetação do globo acompanhavam o deslocamento das faixas de temperatura e umidade, e os animais eram adaptados às con-

dições climáticas reinantes. Esse período, que inclui o surgimento e principal desenvolvimento do homem, termina ao redor de dez mil anos a.C. É conhecido como Pleistoceno. O período seguinte é o Holoceno, que se estende até os dias atuais.

Em 1977, o geógrafo brasileiro Aziz Ab'Sáber propôs um modelo de como se encontraria o Brasil no final do Pleistoceno, entre 16 mil e 11 mil anos a.C.: a temperatura seria inferior em alguns graus à atual e se faria acompanhar de aridez generalizada. Como o nível do mar era muito mais baixo que hoje — talvez menos cem ou 150 metros —, a plataforma continental estaria exposta, alargando a planície costeira em mais cem ou mesmo 200 quilômetros nos lugares de mar raso. A floresta ocuparia pequena parte do território, dominado por vegetações abertas como o cerrado, a caatinga, estepes e campos. Nas terras elevadas das atuais regiões Sul e Sudeste, havia uma extensão maior de pinheirais. Na fauna destacavam-se animais agigantados, ancestrais de cavalos, lhamas, tatus, preguiças, antas e cervos.

Com o fim da era glacial e o aumento da temperatura e das chuvas, o oceano recuperou a plataforma continental. O ter-

ritório assumiu então sua feição tropical, expandindo-se a floresta e o cerrado em prejuízo da caatinga, da estepe e do pinheiral (figura 1). A maior parte dos animais agigantados deixou de existir. Nessa transição, o território hoje brasileiro foi ocupado rápida e sistematicamente por populações humanas, que teriam vindo da Ásia através do estreito de Behring (como afirma a maioria dos arqueólogos americanos) ou que já estavam, havia milênios, estabelecidos no Nordeste (como desejam provar alguns arqueólogos brasileiros).

No Holoceno antigo, essas populações se instalaram em diversas áreas do território e se expandiram. Os arqueólogos americanos se referem a uma explosão demográfica que teria ocorrido nesse tempo, no que hoje corresponde aos Estados Unidos, em decorrência das novas condições ambientais favoráveis. Quer aceitemos um povoamento pleistocênico para o nosso Nordeste, quer não, essa hipótese pode ser considerada válida para o povoamento do Brasil central. Em relação às demais áreas de nosso território, os dados ainda são insuficientes para autorizá-la (ver 'Arqueólogos em ação na Bahia', em *Ciência Hoje* n.º 47, p. 78).

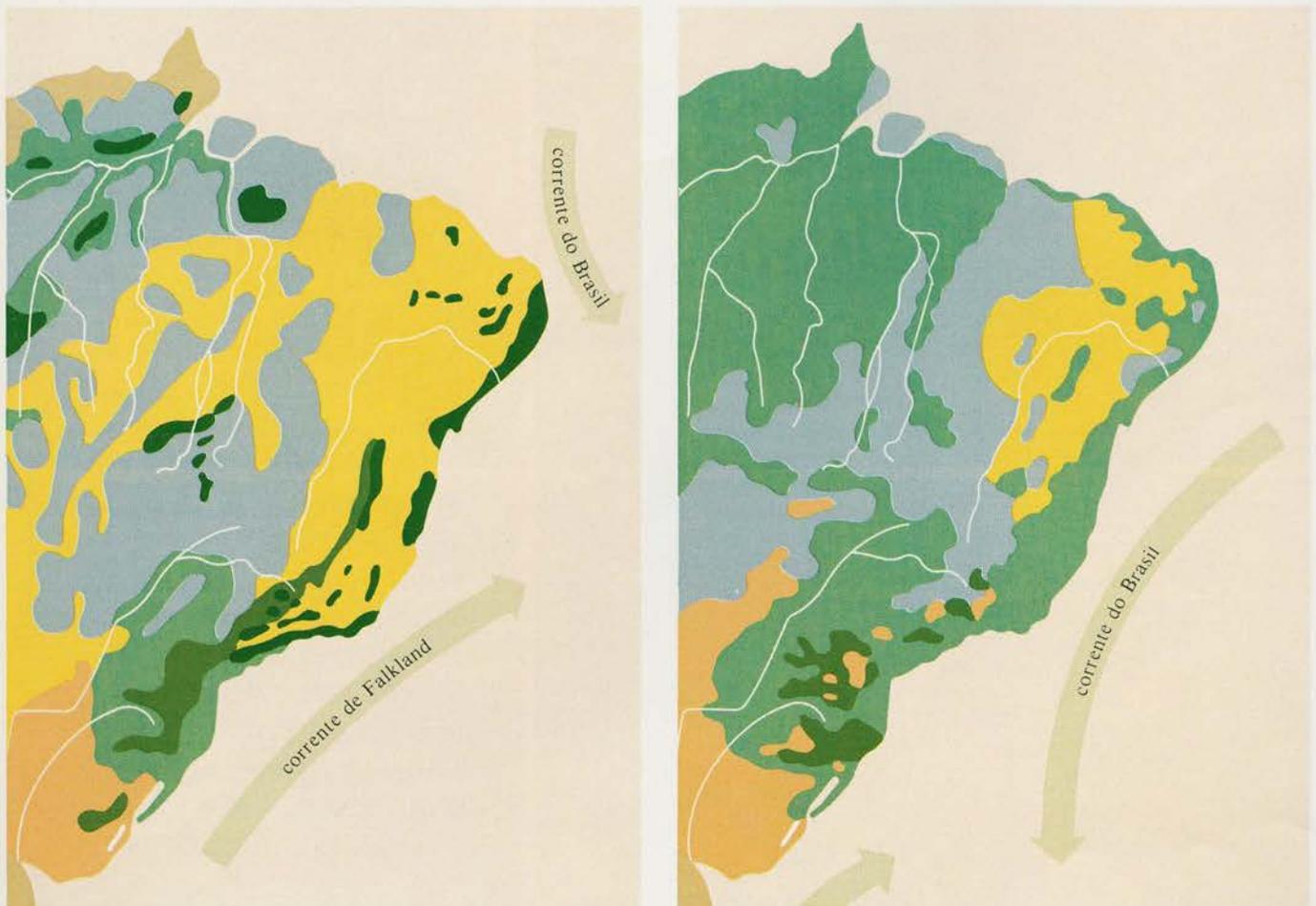
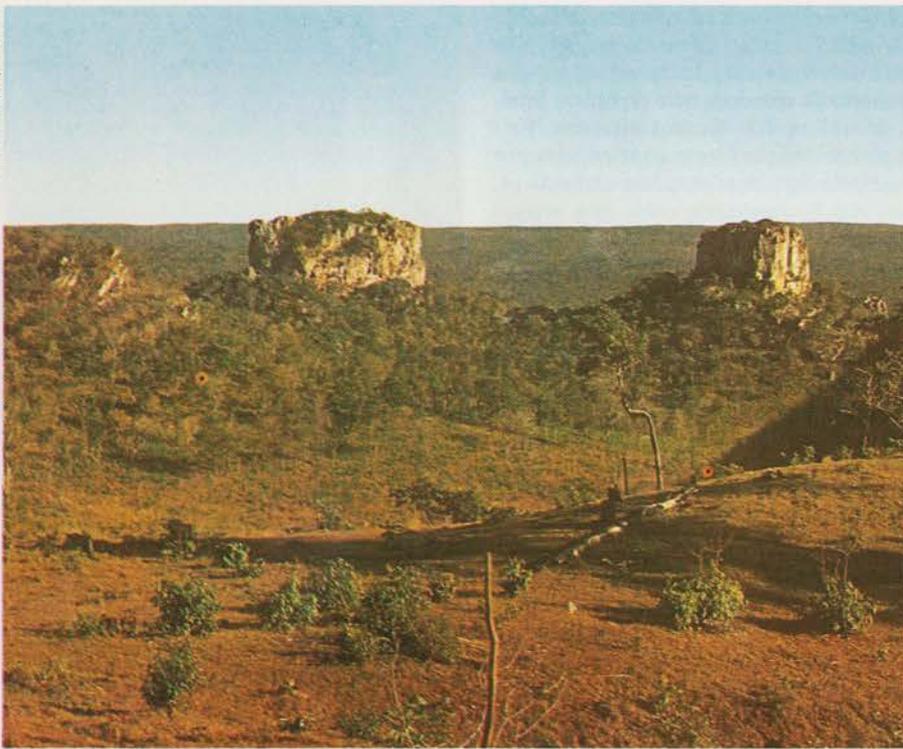


Fig. 1. Entre o Pleistoceno (à esquerda) e o Holoceno (à direita), modificou-se a distribuição da vegetação em nosso território. Expandiram-se as florestas (■) e o cerrado (■) e retraíram-se a caatinga (■), estepes e campos (■) e os pinheirais (■).



Entre os artefatos de pedra lascada encontrados, destacam-se pequenas lâminas unifaciais bem retocadas, que esses povos deveriam usar com cabos semelhantes aos das nossas facas, para raspar, amaciar, cortar e furar peles, especialmente de veado, com o objetivo de transformá-las em abrigos ou bolsas. Dos ossos longos deste animal também faziam espátulas de várias aplicações. Curiosamente, eles não usavam pontas de projéteis em pedra (embora as conhecessem, uma vez que exemplares isolados foram encontrados) ou osso. As pontas de seus dardos talvez fossem de madeira, mas é possível que, para caçar, usassem de preferência porretes ou outras armas. Entre os restos deixados por esses povos tampouco foram encontrados vestígios de ossos dos animais extintos com o término da era glacial. Essa ausência, bem como a das pontas de projéteis, intrigou os arqueólogos que estudaram as áreas mais frias da

Fig. 2. Serranópolis (GO) em 1975, quando as pesquisas começaram. Embaixo, o maior abrigo da região, com 1.300 m<sup>2</sup> cobertos. Sua primeira ocupação data de 8.500 anos a.C.

**V**egetação característica do Brasil central, o cerrado é fértil em sítios arqueológicos do Holoceno antigo. Muitos foram datados com base nos testes de carbono-14, outros por comparação (ver 'Os métodos de datação', em *Ciência Hoje* n.º 19, p. 39). Grande número de institutos de pesquisa atua ali. As informações básicas vêm de Serranópolis, sudoeste de Goiás, onde, durante anos, o Programa Arqueológico de Goiás trabalhou em 45 abrigos muito ricos em vestígios pré-históricos (figura 2). Na proximidade do rio Verdinho existe uma confluência favorável de matas, cerrados e campos altos, com grande abundância de frutas e de caça média e pequena (veados, capivaras, cachorros-do-mato, pacas, tatus, emas, tartarugas, lagartos, moluscos terrestres, pequenos peixes e abelhas produtoras de mel).

Os arenitos silicificados, que formam camadas entre o arenito Botucatu e o basalto da formação Serra Geral, dão origem a enormes abrigos limpos, iluminados e aquecidos pelo Sol, onde populações poderiam morar durante todo o ano. São muito úteis no inverno seco e frio, porém mais ainda no verão extremamente chuvoso. As mesmas lajes da cobertura oferecem enorme quantidade de matéria-prima, adequada à produção de artefatos lascados.

As primeiras instalações humanas nessa área datam de 8800 a.C. Os espessos níveis de cinza, originários das fogueiras antigas, não sofrem interrupção até cerca de quatro mil a.C., o que indica ter sido o espaço habitualmente ocupado ou freqüentemente visitado. Entre a primeira data e 6500



a.C., os numerosíssimos restos de alimentos misturados às cinzas demonstram que esses povos eram constituídos de caçadores, que se alimentavam sobretudo de veados, tatus e lagartos. Numa segunda etapa eles se acostumaram a comer várias espécies de moluscos terrestres, abundantes ao longo dos paredões úmidos e cobertos de mata. Os variados frutos do cerrado também poderiam desempenhar importante papel em sua dieta.

América, onde tanto uns como outros são comuns em sítios da mesma idade. Eles começaram então a imaginar que o homem das savanas tropicais teria desenvolvido estratégias de sobrevivência diferentes das de seus irmãos de áreas temperadas e frias.

Os abrigos que foram habitados estão decorados com pinturas e gravuras. Sua nitidez e profusão é maior naqueles que foram ocupados por mais tempo. As pinturas, feitas sobre partes planas e duras das

paredes com pigmentos minerais em que a cor vermelha predomina, combinam elementos geométricos com representações de animais. Estes são desenhados em posição estática e apenas justapostos, sem que se expressem verdadeiras cenas. Muito comuns são as aves paradas ou com asas abertas, lagartos e mamíferos como tatus e onças. Raramente aparece a figura humana. As partes moles do arenito costumam estar cobertas com gravações simples, feitas por raspagem, onde se vêem pisadas de aves e pegadas humanas. Provavelmente essa decoração não foi toda ela produzida pelos homens antigos: os desenhos foram se somando ao longo de milênios, até a chegada do homem branco (figura 3).

O cerrado é uma vegetação persistente, que se mantém em um tipo de solo, de temperatura e de regime de chuvas. Ocupa a maior parte do Centro-Oeste e partes do Nordeste do Brasil. Acredita-se que, até o começo do Holoceno, precedeu a floresta amazônica em grandes extensões em que esta predomina atualmente. Abriga um tipo característico de fauna, abundante e variada. As pesquisas arqueológicas mostram que o cerrado também foi ocupado por um só tipo de cultura humana após o término da glaciação. Essa coincidência não é estranha: depois que o homem consegue adaptar-se num lugar, facilmente estende essa experiência a outros que apresentam as mesmas características. Até mesmo em pequenos enclaves de cerrado, ou em vegetação equivalente, encontram-se hoje as marcas da mesma cultura.

Essa é a base ambiental de um horizonte cultural que surgiu ao redor de nove mil a.C. e persistiu até 6500 a.C., sendo denominado pelos arqueólogos 'tradição Itaparica', em referência ao lugar, entre Pernambuco e Bahia, onde foi identificado pela primeira vez. Hoje conhecemos numerosos sítios desse horizonte cultural num raio de pelo menos mil quilômetros, que abrange todo o estado de Goiás, o norte de Mato Grosso do Sul, o sul de Mato Grosso, o oeste de Minas Gerais, o sudoeste da Bahia, o sudeste do Piauí e o leste de Pernambuco. As datas iniciais costumam recuar até o nono milênio a.C., mas não se percebe nem onde nem quando essa construção cultural foi inaugurada. Datas anteriores, no Piauí, Bahia e Mato Grosso (Abrigo do Sol), talvez indiquem essa origem, mas até agora não foram comprovadas as conexões entre essas datas pleistocênicas e a primeira cultura holocênica. É impossível também considerar que a 'tradição Itaparica' tenha vindo de fora do que é hoje o Brasil, pois, sendo única na América do Sul, deve ter surgido aqui.

A notável continuidade na ocupação territorial leva-nos a concluir que houve de fa-

to um crescimento demográfico, acompanhado da formação de novos grupos, não sendo a multiplicação dos locais meramente resultado da correria, pelo território inteiro, de um ou dois bandos instáveis. Permanências longas foram confirmadas por numerosas datações feitas com carbono-14, entre elas Serranópolis, onde num espaço relativamente pequeno concentram-se todos os recursos necessários à sobrevivência de um grupo caçador e coletor. Supomos que em áreas mais pobres os espaços percorridos deveriam ser maiores e os grupos humanos, talvez mais reduzidos.

Com relação à organização e densidade desses grupos, só podemos trabalhar com analogias. Caçadores, como os desse período, costumavam viver em pequenos bandos com até 50 indivíduos, entre adultos e crianças, sem nenhuma chefia. As famílias se juntavam ou se separavam de acordo com a maior ou menor possibilidade de abastecimento. No cerrado, a época de fartura é o tempo da chuva, quando apare-

Fig. 3. As quatro fotos registram pinturas rupestres em Serranópolis.



fotos cedidas pelo autor

cem lagartos e moluscos e a vegetação se cobre de frutos que alimentam o homem e engordam a caça. Tempo de escassez são os seis meses de seca: os frutos são raros, a caça está magra e muitos animais hibernam. Esse ritmo natural deveria condicionar o calendário do homem: no tempo de fartura, a reunião do bando, ou de vários bandos, para a festa e o convívio. Grandes abrigos agrupados que estudamos em Serranópolis e em áreas de Mato Grosso do Sul, com milhares de metros quadrados cobertos, certamente eram lugares onde diversos bandos podiam reunir-se durante o tempo das chuvas, sem que lhes faltassem

**B**em diferente foi a população que ocupou os campos subtropicais do sul do Brasil. Embora também caçadora e coletora, usava instrumentos distintos nessas atividades. As datas mais antigas a comprovar sua presença são ainda do Pleistoceno e recuam até aproximadamente 11 mil a.C. Naquele tempo o ambiente devia ser muito árido e frio, os rios continham pouca água e os animais agigantados ainda sobreviviam nos campos ondulados do atual estado do Rio Grande do Sul. Apesar da vegetação mais reduzida, a paisagem não devia ser muito diferente do que é hoje, com estepes intercaladas de es-

treitos bosques ribeirinhos e árvores agrupadas em lugares de maior umidade. O planalto e outros pontos mais elevados, como as serras do Sudeste, eram certamente cobertos de pinheiros. Pouca mata subtropical devia persistir na encosta, ao longo dos rios. Com o término da era glacial essa mata se adensou, crescendo nas encostas do planalto e formando a floresta atlântica nos flancos da Serra do Mar.

As primeiras instalações humanas encontram-se ao longo do rio Uruguai, no sudoeste do Rio Grande do Sul, onde, entre 11 mil e 6500 a.C., temos uma sucessão de acampamentos para serem utilizados rapidamente durante a caçada, embora menos abastecidos de frutas que os do cerrado. Não queremos dizer que não existissem frutas: nos terrenos altos, a exploração dos pinherais, cujos frutos amadurecem no outono, proporcionaria uma fartíssima colheita durante meses. E os frutos dispersos nos campos poderiam também suprir necessidades de açúcar.

Os artefatos básicos não mudaram através dos milênios, até a chegada das populações indígenas que já incorporavam no seu patrimônio o cultivo de pequenas roças ou hortas. No sul também se constituem basicamente de projéteis que poderiam ser usados como dardos, flechas ou lanças, mas suas pontas são de pedra cuidadosamente lascada (figura 4). Encontramos ainda um número variado de raspadores, também de pedra lascada, necessários para o beneficiamento de peles e a preparação de instrumentos de madeira.

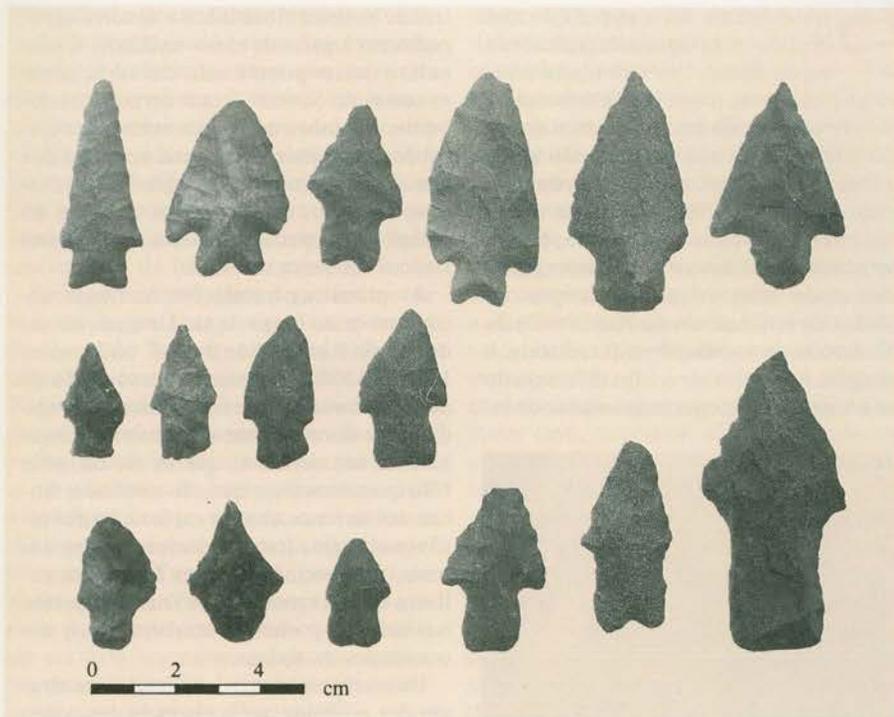
Não deveria ser agradável permanecer nos campos varridos pelos ventos frios do sul, mas é ali que os raros e dispersos acam-



alimentos. No tempo da seca, ao contrário, os bandos eram forçados a se dispersar, e as famílias deviam procurar individualmente os alimentos escassos. O tempo quente e seco lhes permitia acampar ao relento, com a proteção dos abrigos rochosos. Por enquanto, esses movimentos ainda são concebidos como hipóteses, mas, em nossa opinião, eles não demorarão a ser comprovados.

Seria interessante saber qual a população do cerrado em meados do período. Nas áreas até agora estudadas existiram diversos bandos simultâneos, cada um explorando amplos espaços, quando possível ao redor de um lugar mais rico e abrigado que serviria de acampamento de convívio (no tempo de chuva) e de proteção (no tempo de seca). Se nossa suposição for correta, deveria haver, no espaço estudado, uma população de mil a dois mil indivíduos. Essa população cresceu, na medida em que novos recursos apareceram e nichos diferentes foram explorados a partir de novas tecnologias.





to numerosos, mas nota-se que se multiplicaram até ocupar todas as matas subtropicais e parte das tropicais. Os arqueólogos os denominam 'tradição Humaitá' (figura 5). Eles persistem até a chegada dos horticultores, um pouco depois do começo da era cristã.

A mata atlântica não parece ter sido povoada muito cedo. O homem antigo tinha poucos recursos para adaptar-se a um ambiente muito fechado, úmido e inclinado. Diante disso, causaram surpresa as datações de oito mil a.C. assinaladas no vale da Ribeira (SP), onde populações viveram à beira do rio, alimentando-se de moluscos e caça, à semelhança de outros grupos mais tardios das florestas subtropicais. O uso de moluscos na alimentação e uma certa proximidade do litoral são dados que nos induzem a fazer uma aproximação entre esses sítios e aqueles usados pelos coletores de moluscos marinhos, cujo desenvolvimento começa em torno de quatro mil a.C.

Fig. 4. Pontas de instrumentos em pedra lascada, características da tradição Umbu.

pamentos desses grupos são geralmente encontrados. Só mais tarde, entre quatro mil e dois mil a.C., quando a temperatura se tornou muito mais elevada e as chuvas mais abundantes, vamos encontrar centenas de abrigos habitados ao longo da encosta. À medida que a temperatura e as chuvas passavam a apresentar índices mais semelhantes aos dos nossos dias, a população — certamente em crescimento — voltava aos campos, explorando agora, de preferência, as áreas alagadiças que beiram as lagoas, banhados e rios. Ali a caça e a pesca eram mais fartas que em qualquer outro lugar, embora fosse preciso levantar aterros para fugir da umidade.

Populações como essas, que os arqueólogos reconhecem como 'tradição Umbu', não nasceram no sul do Brasil nem são exclusivas dessa região: todas as áreas abertas do Cone Sul da América apresentam adaptações semelhantes, cujas datas mais antigas coincidem com as encontradas no Rio Grande do Sul.

Os matos subtropicais, no final da glaciação, deveriam ter área muito reduzida. Eles cresceram em virtude do aquecimento geral do ambiente, verificado no começo do Holoceno. Não está clara a época em que o homem começou a explorar esse novo ambiente, porém é certo que isso ocorreu muito depois da ocupação dos campos. A mata oferece recursos de caça e de frutos, mas exige novas estratégias de sobrevivência. Aparentemente, o homem as criou a partir das estratégias usadas para a caça nas áreas abertas.

Os acampamentos mais antigos, à beira dos rios Uruguai e Paranapanema, não da-

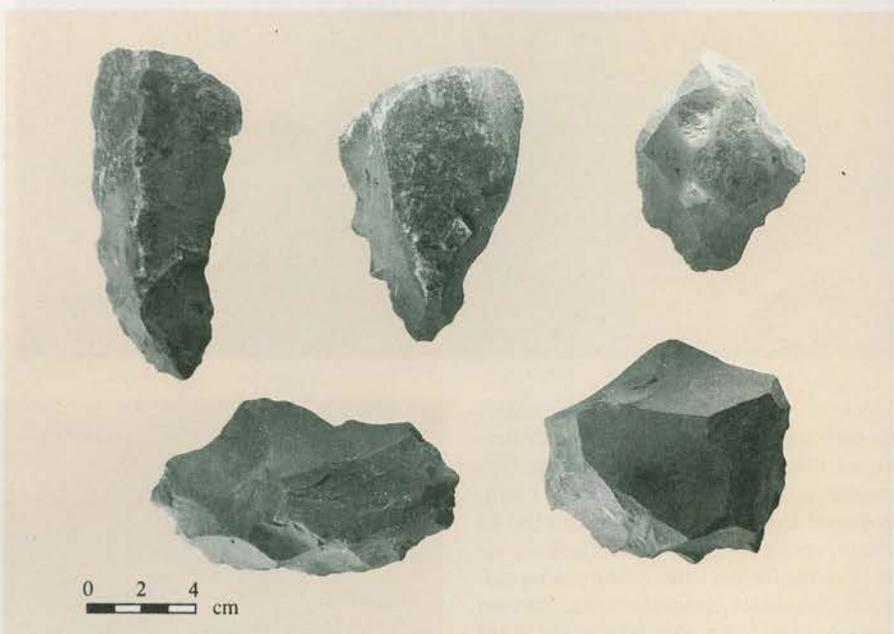


Fig. 5. Artefatos típicos da tradição Humaitá, ativa até o começo da era cristã.

tam de mais de seis mil a.C. Na margem do Uruguai são meros lugares de fogueiras e há poucos vestígios de artefatos. A margem do Paranapanema é mais rica nesses materiais. À medida que a floresta se expande ao longo dos rios maiores e na encosta, os lugares de acampamentos se multiplicam. Eles são encontrados no meio do mato, embaixo das árvores, e muito raramente têm apoio nos pequenos abrigos rochosos. Eram acampamentos pouco duradouros, aparentemente usados como pontos de bandos móveis, que aprenderam a explorar a floresta e os rios. Não são mui-

Os coletores de moluscos são as populações mais conhecidas da pré-história do Brasil. Muitos leitores terão visto sambaquis, tão comuns no litoral brasileiro entre Cabo Frio, no Rio de Janeiro, e Tramandaí, no Rio Grande do Sul (ver 'Sambaquis na pré-história do Brasil', em *Ciência Hoje* n° 33). Eles podem ser relativamente rasos, com apenas alguns metros de altura, ou formar verdadeiros morros com mais de 30 metros de altura e algumas centenas de metros de extensão (figura 6). Atentamente observados, mostram-se formados de camadas sobrepostas

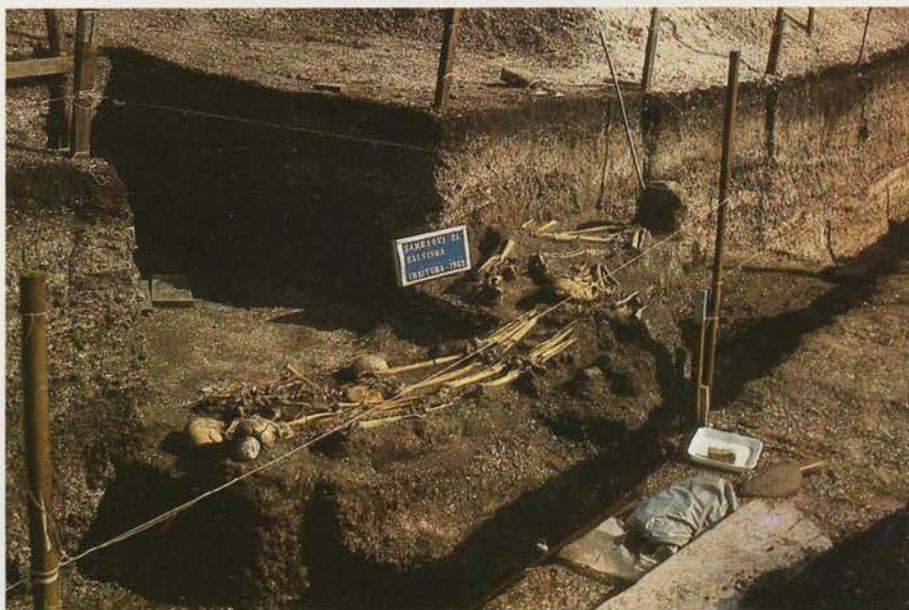


**Fig. 6.** O grande sambaqui de Carniça (Laguna, SC) sendo destruído, em 1958. Hoje nada sobra dele.

**Fig. 7.** Ao lado, o sambaqui da Balsina II (Imbituba, SC), que teve ocupação ocasional.

de conchas ou ossos de peixes, separados por níveis, ou lentes, de carvão. Em alguns há grande número de esqueletos. Artefatos de pedra, osso ou concha estão espalhados no meio do lixo. É isso que eles são: imensas lixeiras resultantes de acampamentos humanos, de populações indígenas, que se especializaram na coleta de moluscos e na pesca lacustre ou marinha. Eles se estabeleceram ali onde os recursos eram mais abundantes: à beira de lagoas, lagunas, mangues, pântanos ou baías, mais raramente nas restingas junto a praias retilíneas de mar aberto. Os mais antigos parecem ter insistido sobretudo na coleta de moluscos; os mais modernos utilizavam intensamente a pesca e a coleta de outros animais marinhos. Certamente recolhiam frutos, mas raramente parecem ter caçado mamíferos terrestres.

Acredita-se que o sambaqui surgiu e cresceu espontaneamente do lixo acumulado no acampamento. Um pequeno grupo de pessoas teria permanecido no local, levantando abrigos temporários, feito as fogueiras necessárias para preparar os alimentos e espantar o frio e os insetos, confeccionado



artefatos com as matérias-primas locais (pedra, osso, madeira, peles), enterrado no mesmo chão os corpos dos companheiros eventualmente falecidos. Nos locais onde os recursos fossem abundantes e renováveis, esta ocupação seria até certo ponto estável e suficiente para algumas dezenas de indivíduos. Assim, no decorrer dos séculos, haveria um grande monte de detritos.

Onde os recursos fossem menos abundantes, a ocupação seria ocasional, e com o tempo se formaria um sambaqui de dimensões menores (figura 7).

Já houve quem, sem base adequada, considerasse os sambaquis como montículos de sepultamento ou mesmo pirâmides primitivas. De fato, sob um dos maiores sambaquis da região de Laguna (SC) foi en-

contrado um sarcófago de argila seca, com tampa do mesmo material coberta por um desenho vermelho, de traçado simples. Todos os sambaquis contêm sepultamentos, às vezes numerosos e bem conservados, o que permite realizar estudos da biologia, saúde e mortalidade daqueles povos. Os corpos eram enterrados de acordo com rituais padronizados: alguns estendidos, outros dobrados, muitas vezes envoltos em ocre e acompanhados de enfeites (colares de conchas, dentes, ossos trabalhados ou tembetás), de artefatos (lâminas de machados, quebra-cocos ou percutores) e de esculturas em pedra que os arqueólogos denominam zoólitos. Estas, medindo no máximo 30 centímetros, costumam representar animais e, mais raramente, homens. No meio de um instrumental muito simples, cuja elaboração exigia pouco trabalho, elas se destacam por sua concepção artística e refinado acabamento.

A adaptação ao litoral parece ter sido um dos modos de vida mais bem-sucedidos e estáveis, pois estendeu-se por mais de quatro mil anos e — mais do que a caça e a coleta nos campos, cerrados e matas do interior — garantiu a sobrevivência de uma população numerosa. Por isso os sítios se multiplicaram aos milhares no meio do Holoceno, período em que a temperatura e a umidade eram altas. Foi exatamente este clima quente e úmido o responsável pela geração, no estreito espaço entre a praia e o dorso da Serra do Mar, de recursos abundantes e permanentemente renovados, que requeriam estratégias simples para seu aproveitamento. Se foram grupos interiores, pressionados pelo crescimento da mata e conseqüente diminuição de alimentos, ou habitantes da plataforma marinha, empurrados pela subida do mar, que deram origem a esse modo de vida, ainda não ficou esclarecido. As populações que se especializaram na utilização desses recursos devem ser consideradas auto-suficientes, pois não tinham necessidade de migrações constantes entre a costa e o planalto. A cultura dos sambaquianos foi desaparecendo diante desses modos de vida mais modernos que surgiram no interior e populações que manejavam algum tipo de cultivo se apossaram do litoral, matando, expulsando ou modernizando os ocupantes iniciais.

Como se vê, já podemos fazer ao menos um esboço de nossa história antiga (figura 8). Até a etapa pesquisada, todo o nosso território — à exceção da floresta amazônica — já se encontrava povoado por bandos móveis e pouco densos, dedicados à caça e à coleta, que exploravam todas as variedades de espaço possíveis. Dentro dos grandes ambientes homogêneos nascem estratégias que se difundem até os limites, sem os ultrapassar de forma notável. Essa difusão é proporcionada pelo crescimento

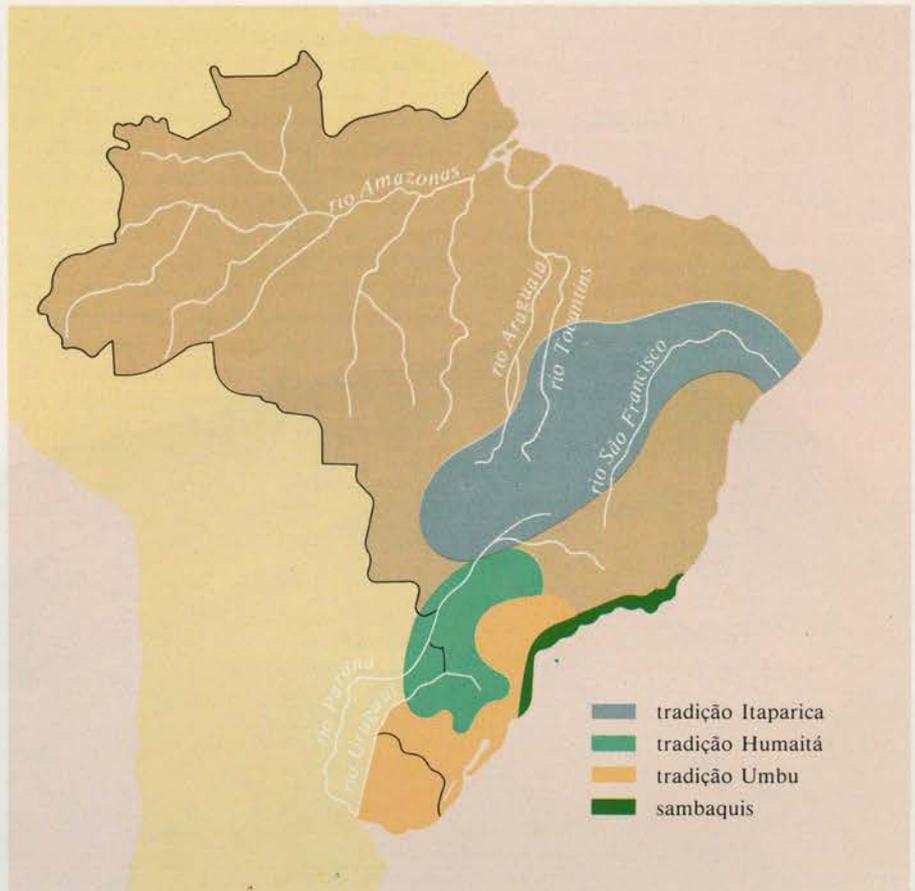


Fig. 8. Distribuição aproximada das grandes tradições culturais pré-cerâmicas que existiram no atual território brasileiro.

demográfico persistente, que não chega contudo a criar impasses ambientais. As populações não apenas sobrevivem como seres biológicos, mas também manipulam todo um mundo de representações, que hoje encontramos claramente indicado nas centenas de abrigos pintados ou gravados em uma profusão de estilos.

Nesse período geológico — o Holoceno —, de tropicalização crescente, não se registram grandes cataclismas. De quatro mil a dois mil a.C., porém, o superaquecimento, acompanhado de muita chuva e de transgressão marinha, deve ter criado imensos impasses em toda parte, levando a novas estratégias de sobrevivência, como a coleta de moluscos marinhos e outras adaptações correspondentes no interior, onde grande parte dos abrigos até então habitados deixa de ser útil aos homens.

Ao terminar esse período de altas temperaturas, ao qual se segue um esfriamento suave e uma regularização climática, as populações se encaminham para novos modos de subsistência. Primeiro basearam-se no abastecimento diversificado, ao qual finalmente foi acrescentado o cultivo de cereais, grãos, raízes e tubérculos, que possibilita o crescimento populacional. A partir desse momento as desigualdades se acen-tuaram no continente: as populações do

território brasileiro permaneceram como aldeões igualitários, na vertente do Pacífico se desenvolveram civilizações com dezenas de milhões de membros e cidades populosas, altamente estratificadas. Mas isso é outra história.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- SCHMITZ P.I., *Caçadores e coletores da pré-história do Brasil*. Instituto Anchieta de Pesquisa/UNISINOS, São Leopoldo, 1984.
- SCHMITZ P.I., BARBOSA A.S., RIBEIRO M.B., 'Temas de arqueologia brasileira 1: O paleoíndio'. *Anuário de Divulgação Científica*, vol. 5, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 1981.
- AB'SÁBER A.N., 'Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários'. *Paleoclimas* 3, Instituto de Geografia/USP, São Paulo, 1977.
- KERN A.A., *La pré-céramique du plateau sud-brésilien*. Tese de doutorado à École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, 1987.
- GUIDON N., 'Reflexões sobre o povoamento da América'. *Dédalo* n.º 23, Museu de Arqueologia e Etnologia/USP, São Paulo, 1984.
- LUMLEY H. de et alii, 'Découvertes d'outils taillés associés à des faunes du Pléistocène moyen dans la Toca da Esperança, État de Bahia, Brésil'. Académie des Sciences, Paris, 1988.

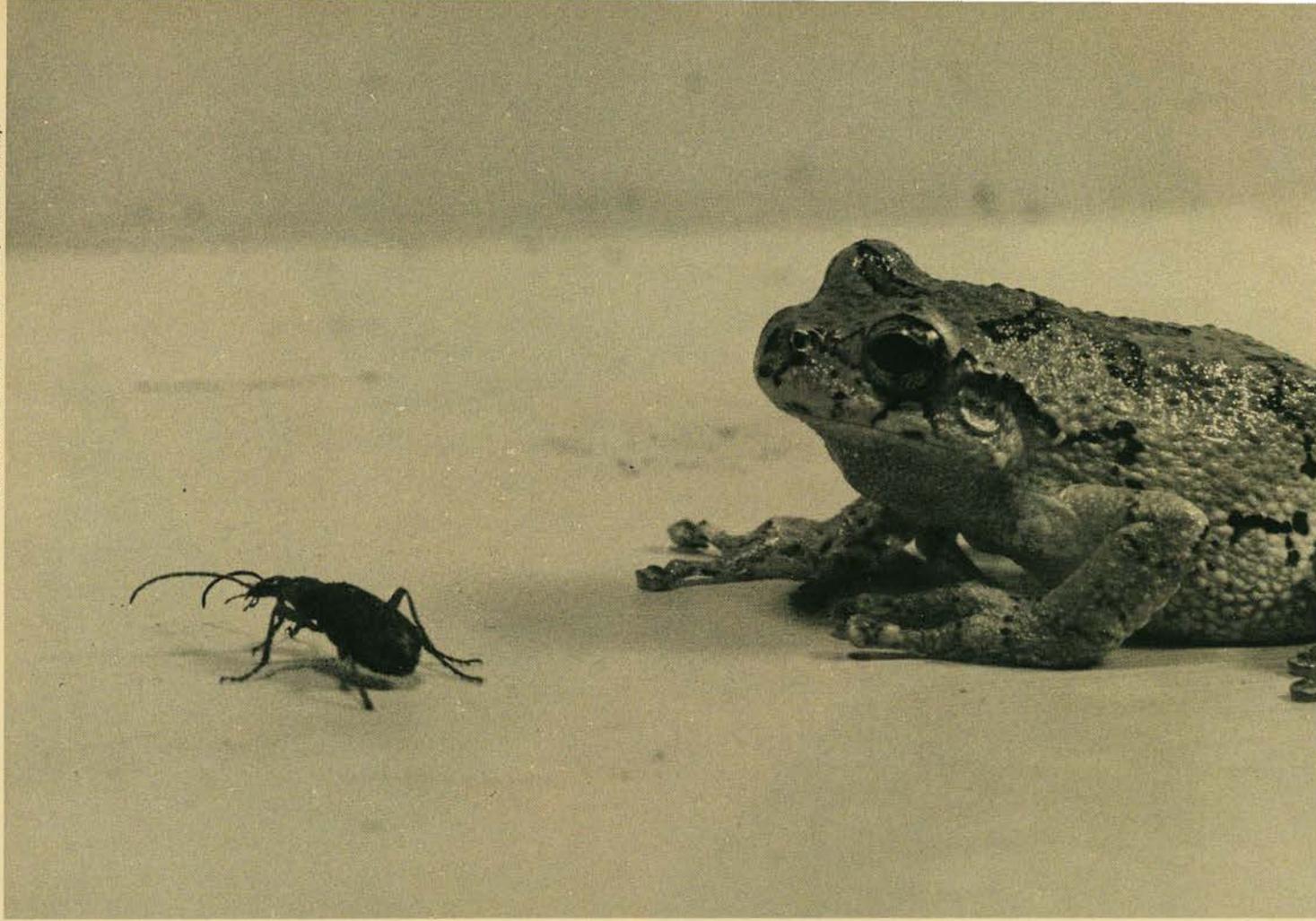
**Tecnologia  
de  
ponta.**

A White Martins domina a sua tecnologia. O que ela não sabe, aprende. O que já sabe, melhora. E tudo isso, todos os dias. A White Martins está na frente, desenvolvendo e aplicando a mais alta tecnologia na fabricação de gases, equipamentos para a sua aplicação e nas instalações centralizadas para as indústrias automobilística e petrolífera; na petroquímica, na eletrônica, na medicina, na agricultura e nos mais modernos laboratórios de pesquisas. A sua Divisão de Gases Especiais produz mais de 100 tipos de gases, dentro das mais rígidas especificações de pureza e uma infinidade de misturas de alta precisão. Isso exige tecnologia. Tecnologia exige qualidade. E qualidade está aqui, no ar.

Serviço de Consulta n.º 70



**GASES ESPECIAIS**  
**WHITE MARTINS**

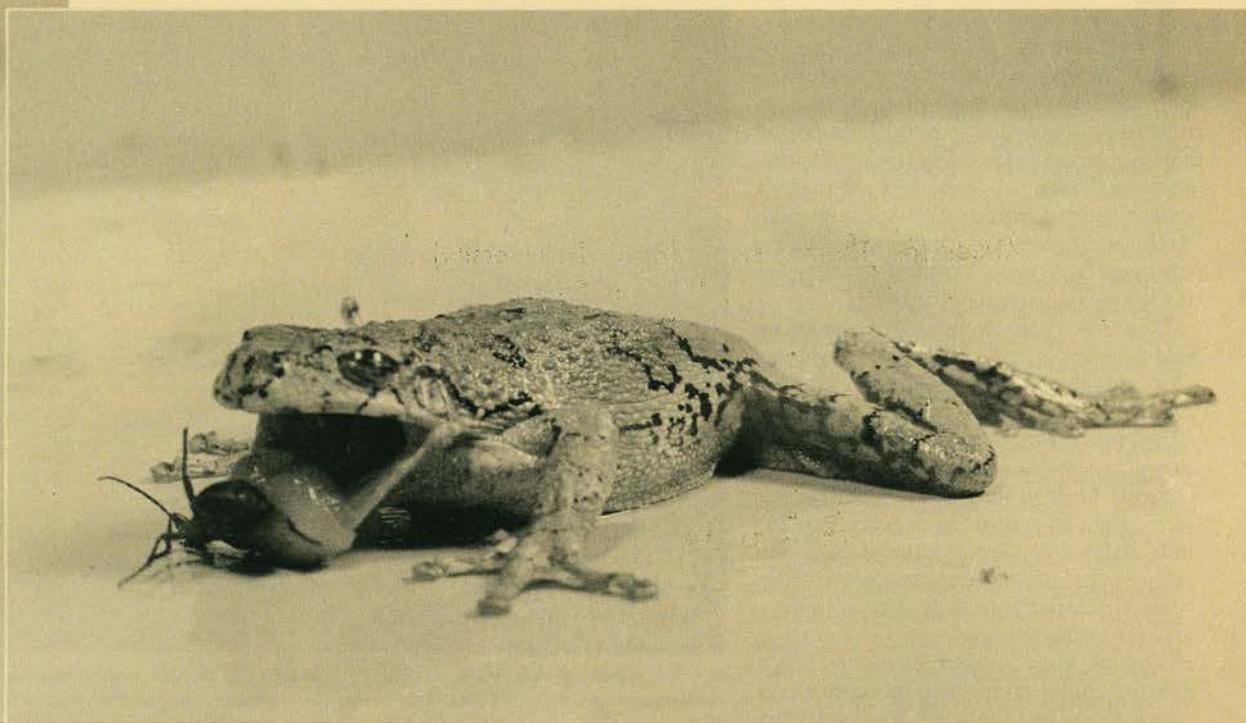


**Klaus Zinner**

Instituto de Química, Universidade de São Paulo

Um sapo esfomeado encontra um succulento besouro. Prepara-se para o ataque, espera o melhor momento, dá o bote certo. Cena banal, cujo fim parece definido *a priori* pela lei natural do mais forte. Mas, o que houve? Porque a presa — tão frágil — prossegue depois seu caminho, deixando o predador em apuros? Seria um dia da caça, e não do caçador? Que ocorreu na fração de segundo em que o inseto percebeu a iminência de uma morte terrível, às portas de uma boca como nenhum de nós jamais verá igual? É o que vamos descrever. Dotado de estratégia defensiva muito peculiar, o herói da façanha é um dos chamados

# BESOUROS - BO



# OMBARDEIROS

Entre as variadíssimas formas de defesa a que as espécies animais recorrem no cumprimento de seu destino biológico primeiro — o de se manterem vivas — destaca-se uma, exibida por alguns insetos: quando ameaçados por predadores, como pássaros, sapos e mesmo outros insetos, lançam-lhes sobre as mucosas, ou sobre outros tecidos sensíveis, jatos quentes de água misturada a compostos químicos irritantes (figura 1).

O primeiro registro desse comportamento defensivo, feito há 150 anos, considerava-o peculiar aos besouros do gênero *Brachinus* (ordem dos coleópteros, família dos carabídeos). Posteriormente, verificou-se que a 'artilharia' defensiva não era exclusividade desse gênero, sendo apresentada por inúmeros outros da mesma família, muitos deles não diretamente relacionados entre si, como *Pheropsophus* e *Metrius*.

Essa peculiar forma de defesa confere aos besouros-bombardeiros — como são chamados, em conjunto, os insetos que a apresentam — uma posição especial do ponto de vista da evolução. Enquanto boa parte dos insetos armazena na forma de



foto: Thomas Eisner e Daniel Aneshansley, Cornell University.

Fig. 1. Um besouro-bombardeiro (*Stenaptinus insignis*) efetua um disparo para defender-se do pincimento de uma de suas patas. Este brevíssimo instante não poderia ter sido fotografado manualmente. Para acionar a máquina, foi necessário montar um dispositivo eletrônico, acionado por um microfone que captou o som característico da descarga.

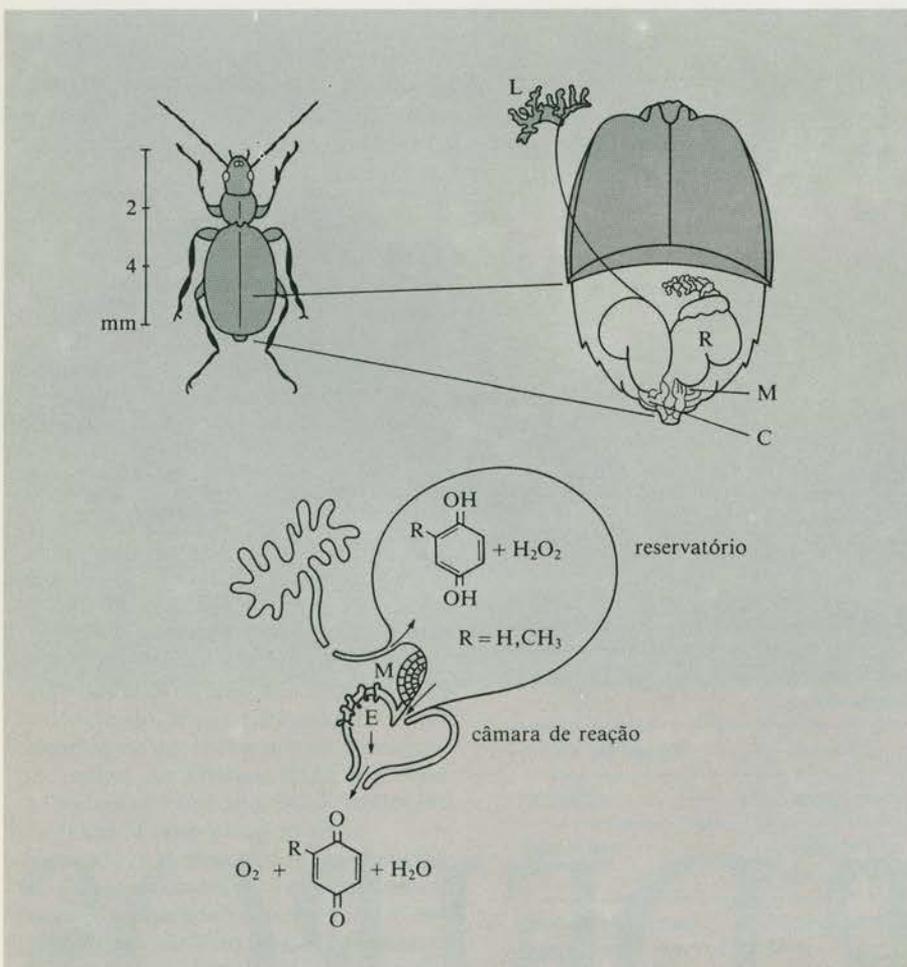


Fig. 2. Representação esquemática do sistema de defesa de um besouro-bombardeiro do gênero *Brachinus*. No lóbulo (L) são produzidos os substratos da reação enzimática, armazenados no reservatório (R). Um músculo (M) permite o acesso dos substratos à câmara de reação (C).

produto acabado o material a ser liberado numa ação defensiva, nesses besouros os substratos são instantaneamente convertidos, via catálise enzimática, nos produtos finais ativos.

Insetos de hábitos noturnos, os besouros-bombardeiros são, eles próprios, predadores de outros insetos. Na Europa, onde ocorre o gênero *Brachinus*, as espécies *B. explodens* e *B. crepitans*, por exemplo, vivem alojadas sob pedras nas regiões montanhosas da França e da Francônia, na Alemanha Ocidental. No Brasil, exemplares do minúsculo *Pachyteles* (sete a oito milímetros de comprimento) foram capturados em Mato Grosso. *Pheropsophus* foram encontrados em Santarém (PA), onde vivem em solos arenosos adjacentes a capinzais; estão presentes também nas proximidades de açudes ou de pequenos riachos, como em Areia (PB) e em São Paulo de Potengi (RN). A esses dois gêneros, cabe acrescentar *Ozaena*, *Platycerozaena*, *Goniotropis*, *Physia* e *Homopterus*, igualmente presentes em nosso território, embora a insuficiência de material experimental disponível — em geral por causa da dificuldade de sua captura — ainda não tenha permitido seu estudo.

É possível manter esses insetos em cativeiro com relativa facilidade, alojando-os em caixas forradas com uma camada de dois a três centímetros de terra arenosa, que lhes permita cavar buracos. Adaptam-se a uma alimentação de flocos de aveia e pedaços da larva de *Tenebrio molitor* ou de mosca doméstica. A sobrevivência pode chegar a mais de um ano.

Como mostra a figura 2, o sistema defensivo dos besouros-bombardeiros é composto por um par de estruturas que ocupa porção considerável de seu abdome. Cada uma delas comporta um reservatório que contém uma solução aquosa de hidroquinonas e água oxigenada. Esses reservatórios são transparentes e envoltos por uma fina camada muscular, como se observa na figura 3. Internamente, por razões de natureza estrutural, são compartimentados com tecido quitinoso (tecido espesso e rígido que forma uma espécie de esqueleto externo em artrópodes). A não-ocorrência de reação entre as hidroquinonas e a água oxigenada deve ser atribuída à presença de algum agente estabilizante

ao passo que a peroxidásica catalisa reações de oxidação que transformam as hidroquinonas nas quinonas correspondentes (figura 4). As elevadas temperaturas que aí ocorrem justificam a presença de sofisticado sistema protetor quitinoso (figura 5). Finalmente, sob pressão do oxigênio e do vapor d'água, os produtos dessa reação são expelidos por um par de dutos revestidos de quitina. Cada duto corresponde a uma estrutura, e o jato de saída pode ser regulado e dirigido de modo a cobrir um arco equivalente a meio hemisfério.

Os reagentes estão presentes no reservatório em concentrações elevadas: as hidroquinonas a aproximadamente 10% e a água oxigenada a 25% (concentração quase dez

vezes maior que a da água oxigenada de uso caseiro). As reações catalisadas na câmara de reação são fortemente exotérmicas, isto é, desprendem muito calor. Cálculos termoquímicos mostram que a reação catalásica produz cerca de 49 mil calorias e a peroxidásica aproximadamente 23.500, o que permite estimar o conteúdo de calor do material ejetado em 0,2 a 0,3 caloria por miligrama. A natureza exotérmica das reações envolvidas é totalmente aproveitada, pois os besouros-bombardeiros, ao invés de armazenar o material defensivo (como os demais insetos) ejetam-no imediatamente após sua transformação.

Pudemos confirmar parcialmente essas estimativas por meio de estudos experimentais e estamos iniciando estudos calorimétricos com o besouro *Pheropsophus aequinoctialis*, que ocorre nas Américas Central e do Sul. Optamos por trabalhar com essa espécie porque, sendo maior que as européias e centro ou norte-americanas até aqui estudadas (tem 2,5 centímetros de comprimento), é de mais fácil manipulação, o que torna mais simples a obtenção e a avaliação dos dados. Já foi possível verificar que as quantidades de calor liberadas são suficientes não só para elevar o material ejetado a temperaturas próximas de 100°C como para vaporizar quase 30% da água, de tal modo que parte das quinonas é obtida em estado gasoso. Técnicas fotográficas e cinematográficas modernas e ultra-rápidas, que se valem de luz estroboscópica, confirmam que o jato é pulsado e constituído de gotículas e vapor.

Curiosamente, o jato dos besouros-bombardeiros é luminoso. O *Atlas dos coleópteros da França, Bélgica e Suíça*, de Luc Auber, refere-se à 'fosforescência' do vapor, quando ejetado na obscuridade. Hermann Schildknecht, do Instituto de Química Orgânica da Universidade de Heidelberg, na Alemanha, assinala ter visto com frequência um 'Mündungsfeuer' (fogo de

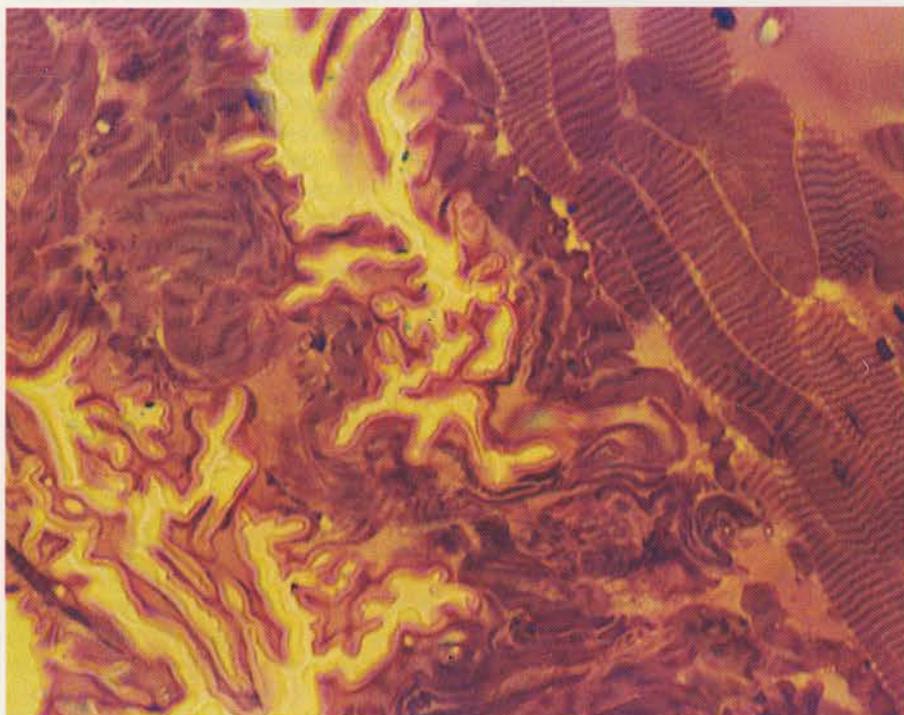


foto cedida pelo autor

Fig. 3. Microfotografia da parede do reservatório. À direita, a camada muscular; à esquerda, a compartimentação quitinosa.

zante ainda não identificado ou à completa ausência de oxigênio dissolvido.

Sob o controle de um músculo altamente especializado, o conteúdo dos reservatórios é comprimido em direção a uma câmara de reação, situada um pouco abaixo, onde é transformado sob a ação das enzimas peroxidase e catalase, aí secretadas por tecidos adjacentes. O músculo que regula o acesso dos substratos à câmara de reação — e que é o controlador efetivo da extensão da reação — tem características especiais muito interessantes, que permitem ao inseto não só disparar vários jatos seguidos como pulsar cada um deles em rapidíssimas seqüências.

Nas câmaras de reação a atividade catalásica promove a decomposição da água oxigenada em água e oxigênio molecular,

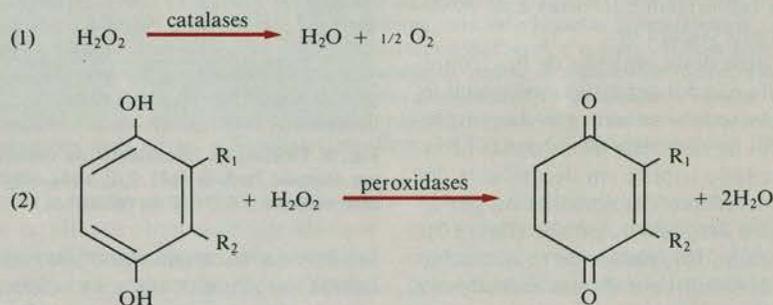


Fig. 4. As duas reações exotérmicas do sistema de defesa dos besouros-bombardeiros e os respectivos catalisadores. As catalases catalisam a conversão de água oxigenada em oxigênio molecular e água, e as peroxidases catalisam a oxidação de hidroquinonas, produzindo as quinonas correspondentes. Os substituintes R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> podem ser hidrogênio (-H) ou metila (-CH<sub>3</sub>) no caso de *Pheropsophus aequinoctialis*.

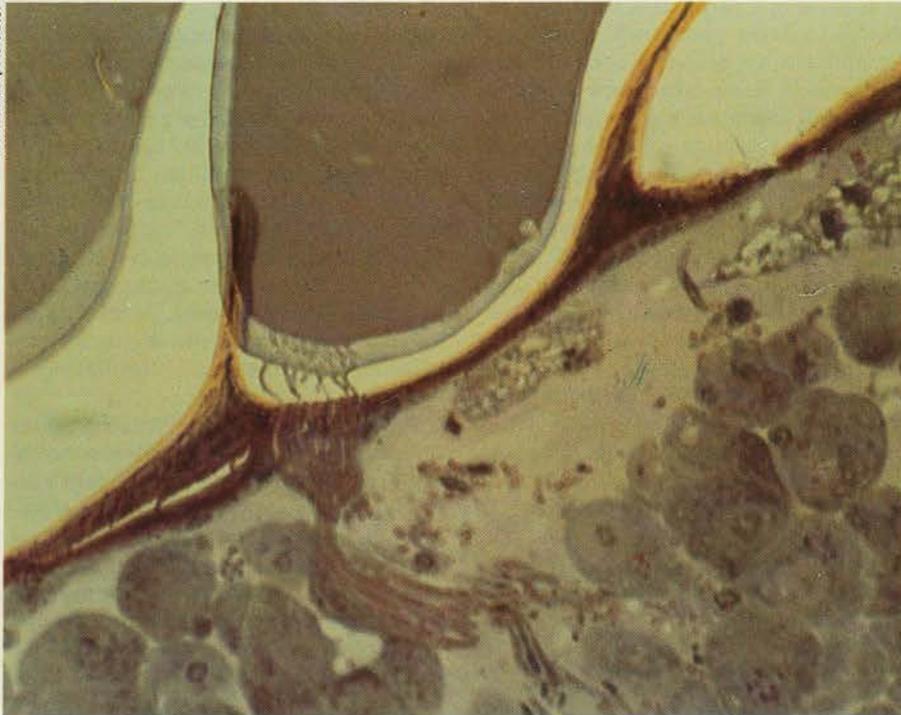


Fig. 5. Microfotografia da câmara de reação. O tecido mais escuro é a quitina de proteção. Vêm-se também feixes de microtúbulos condutores de material enzimático.

escape) quando besouros-bombardeiros (*Brachinus*) são perturbados no escuro. A que atribuir este fenômeno?

Com base em trabalhos desenvolvidos com sistemas-modelo — em que benzoidroquinona e água oxigenada foram utilizadas como substratos, na presença das enzimas peroxidase (de rábano silvestre) e catalase (de fígado de boi) —, postulamos há algum tempo que, na câmara de reação, onde se produzem elevadas energias, formam-se produtos em estados eletrônicos excitados, seguindo-se uma fraca emissão de parte da energia de excitação na forma de luz. Posteriormente, essa hipótese pôde ser testada e verificada por meio de experimentos em que as enzimas mencionadas foram substituídas por homogêneos das câmaras de reação de *B. crepitans* e *B. ex-plodens* (de origem européia) e de *P. aequinoctialis* (figura 6).

A origem dessa emissão de luz, contudo, ainda não foi definitivamente esclarecida. Não se sabe se seria gerada por grupamentos de carbonila de quinonas no estado excitado triplete em decorrência dos níveis energéticos das emissões ou por algum outro derivado quinônico (figura 7).

Seja como for, parece certo que a formação de estados eletrônicos excitados e a possível emissão de luz que acompanha a reação defensiva dos besouros-bombardeiros não constituem um fenômeno clássico de bioluminescência, uma vez que não têm por função a atração do parceiro sexual, da presa ou a defesa contra predadores. Ao que tudo indica, neste caso a emissão de

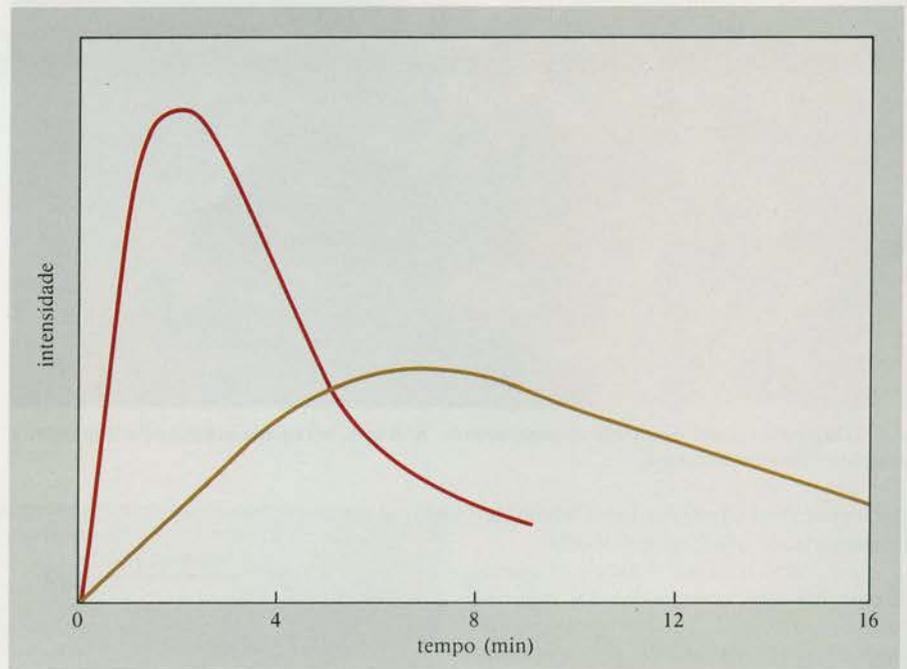


Fig. 6. Gráfico da intensidade da emissão de luz obtida de benzoidroquinona e água oxigenada em tampão fosfato (pH 7,4) após adição do material enzimático de *P. aequinoctialis* a 54°C (em verde) e a 62°C (em vermelho).

luz deve ser encarada como um efeito colateral, ou ainda como um vazamento de energia. Há que notar que, em virtude de proibições de natureza física (a conhecida regra da conservação do *spin*), a vida dos estados excitados triplete é intrinsecamente longa, o que lhes confere reatividade peculiar quando comparados aos estados excitados singlete.

As atividades catalásicas e peroxidásicas do material enzimático de *P. aequinoctialis* vêm sendo alvo de tentativas de separação, caracterização e purificação. Esse material, extraído dos homogêneos de câmaras de reação ou diretamente do interior das câmaras, por meio de micropipetagem, apresenta algumas características extraordinárias. Observe-se, no entanto, que a temperatura ótima para sua manipulação situa-se entre 75 e 85°C. Essa faixa é ideal para a exploração da cinética enzimática, uma vez que propicia a ocorrência de reações que dificilmente se produziram em temperaturas mais 'fisiológicas' (até 40°C). Assim, quando se utilizam (como substratos) benzoidroquinona e água oxigenada, a reação torna-se bem mais rápida em temperaturas mais elevadas; a quantidade total de luz que é emitida concomitantemente, no entanto, permanece praticamente inalterada.

Que fatores são responsáveis pela enorme estabilidade térmica desse material protético? É importante conhecer seu destino após catalisar reações tão fortemente exotérmicas, especialmente se levarmos em conta que as concentrações protéicas no in-

terior da câmara de reação são da ordem de 40 a 60%. Recentemente foi possível efetuar coletas de material em dez a 15 jatos defensivos de animais vivos e verificar que as atividades peroxidásica e catalásica continuam presentes e mantidas aparentemente intactas fora do corpo dos animais. Esta descoberta pode enriquecer, com novos aspectos, o conceito de reação defensiva.

O conteúdo do material ejetado pelos besouros-bombardeiros está sendo analisado por meio de técnicas que integram a cromatografia de gases e a espectrometria de massa. Alguns dos compostos encontrados são mostrados na figura 8. Além disso, encontram-se frequentemente compostos reduzidos (hidroquinonas) que não reagiram. As quinonas são amarelas e reagem com grupamentos amino ou sulfidril de proteína, formando compostos com forte coloração marrom ou violácea.

Outro composto presente nesse material é o hidrocarboneto saturado linear pentadecano, que, ao que parece, não tem aqui a função de 'aviso', como em outros insetos. Sendo insolúvel no meio aquoso e capaz de dissolver quinonas, seu papel neste caso é provavelmente o de transportá-las e auxiliá-las em sua penetração. O pentadecano tem o poder de dissolver as ceras e materiais correlatos que protejam as superfícies quitinosas dos insetos predadores.

Que teria determinado a seleção desse composto saturado, com 15 átomos de carbono? Sua densidade, tensão superficial, viscosidade e temperatura, bem como a conjugação dessas características, parecem ter sido importantes, como se observa na figura 9. É mínimo o aumento de sua densidade por grupo metilênico adicional após cerca de 15 carbonos, o que indica que foi atingida uma relação ótima de massa por unidade de volume. Argumento análogo vale para a tensão superficial, propriedade importante no que diz respeito à condução capilar e ao espalhamento dos materiais presentes no jato defensivo. Hidrocarbonetos insaturados não sobreviveriam às condições fortemente oxidantes da câmara de reação, estando ausentes do material.

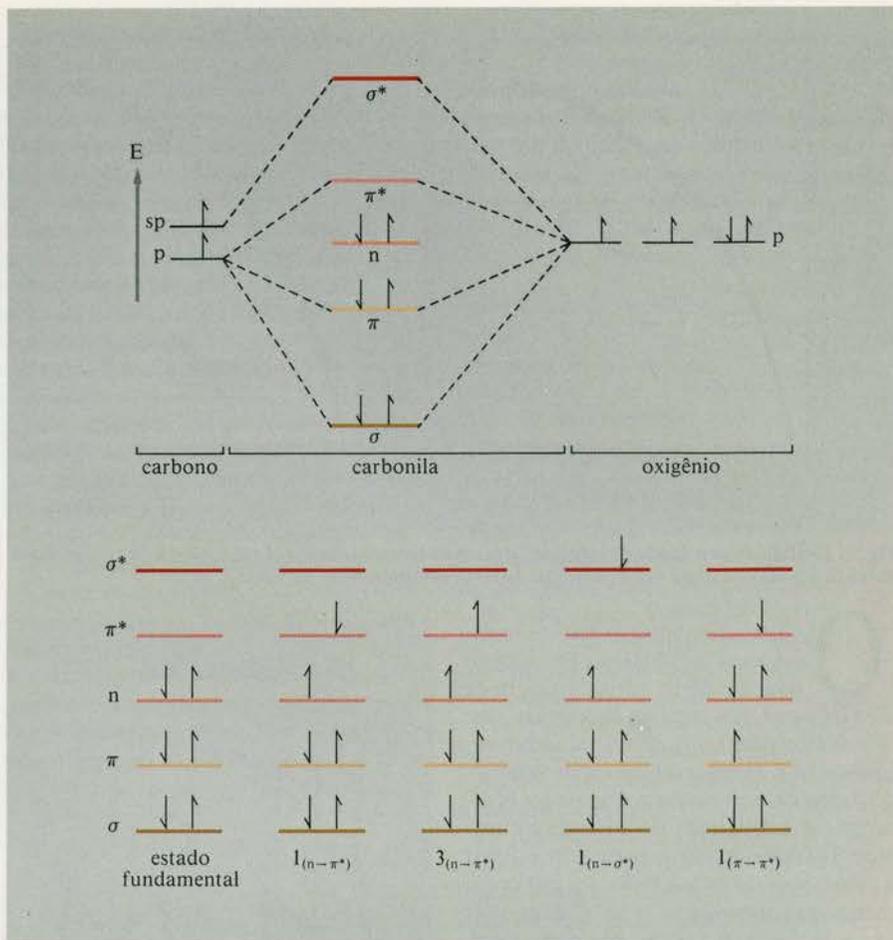


Fig. 7. Na parte superior o diagrama representa os níveis energéticos dos orbitais moleculares externos de um grupamento carbonila ( $>C=O$ , como no caso das quinonas) a partir dos orbitais atômicos de carbono e de oxigênio constituintes. Orbitais portadores de asterisco correspondem a estados eletrônicos excitados. Na parte inferior aparecem representadas algumas transições eletrônicas possíveis no grupo carbonila quando é fornecida energia. Note-se que quatro das transições correspondem a estados singlete (não há mudança do *spin* do elétron) e uma corresponde a um estado tripleto (no qual há mudança de *spin*). Neste caso, a volta ao estado fundamental, com liberação de energia, é 'proibida' por causa da regra da conservação do *spin*.

|                                    |                |                        |                            |                       |                               | $H_3C-(CH_2)_{13}-CH_3$ |
|------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| nomenclatura                       | p-benzoquinona | 2-metil-p-benzoquinona | 2,3-dimetil-p-benzoquinona | 2-etil-p-benzoquinona | 2-metil-metoxi-p-benzoquinona | pentadecano             |
| <i>Brachinus crepitans</i>         | ■              | ■                      | ■                          |                       |                               | ■                       |
| <i>Pachyteles longicornis</i>      | ■              | ■                      | ■                          |                       |                               | ■                       |
| <i>Platycerozaena panamensis</i>   | ■              | ■                      | ■                          | ■                     |                               | ■                       |
| <i>Physia hirta</i>                | ■              | ■                      | ■                          |                       |                               |                         |
| <i>Homopterus arrowi</i>           |                | ■                      | ■                          |                       | ■                             |                         |
| <i>Pheropsophus aequinoctialis</i> | ■              | ■                      | ■                          |                       |                               | ■                       |

Fig. 8. Alguns compostos orgânicos encontrados no jato defensivo de diferentes gêneros de besouros-bombardeiros. Note-se a maior frequência de benzoquinona e 2-metilbenzoquinona. Sabe-se que aparecem, em quantidades menores, outros hidrocarbonetos saturados, além do pentadecano.

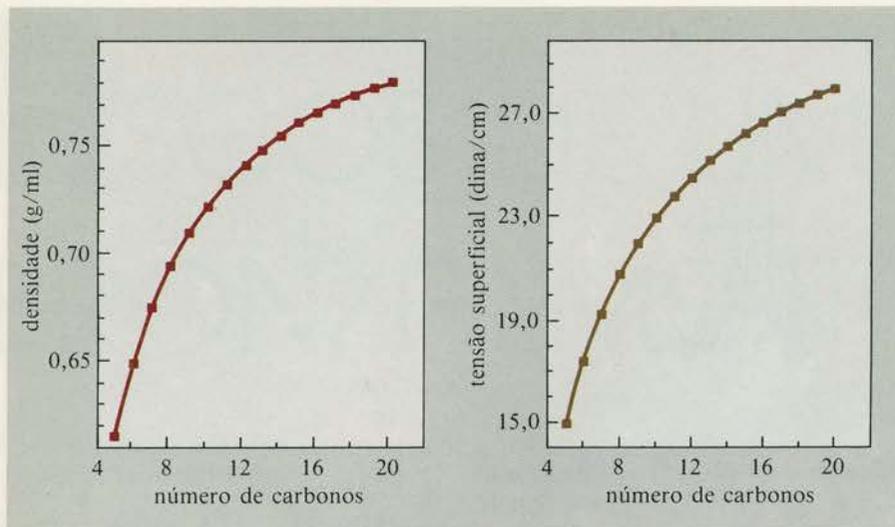


Fig. 9. Gráfico da densidade de hidrocarbonetos lineares saturados (à esquerda) e da tensão superficial (à direita), sempre em função do número de átomos de carbono.

Os besouros-bombardeiros são excelentes artilheiros. De acordo com a espécie, varia o número de disparos que são capazes de efetuar sem que os reservatórios se esvaziem. Em *P. aequinotialis*, já observamos várias vezes seqüências de oito ou mais disparos. Os arremessos a distâncias de até dez centímetros, bastante comuns, permitem estimar a velocidade do jato à saída em 240 centímetros por segundo ( $v = D/\sqrt{2d/g}$ , onde  $D$  é a distância;  $d$  a altura do ponto de saída acima do solo;  $g$  a aceleração da gravidade). A pressão do jato à saída é de aproximadamente 29 mil dinas por centímetro quadrado ( $p = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2$ , onde  $\rho$  é a densidade e  $v$ , a velocidade). A massa de um jato médio é estimada em 0,3 miligrama. Uma vez que a massa total do inseto é de cerca de 290 miligramas, isto corresponderia a um jato de cem gramas de água fervente (mais os compostos quinônicos) lançado com uma velocidade de 2,4 metros por segundo por um homem de cem quilos de peso. E como o jato do besouro-bombardeiro é luminoso, podemos completar a cena situando-a em ambiente de total escuridão, sem esquecer que vários 'disparos' podem se suceder!

Na maioria dos besouros-bombardeiros, o jato defensivo é apontado e direcionado por pequenas ponteiras quitinosas que finalizam os dois dutos e que se localizam na extremidade do abdome (embora não tenham qualquer ligação com o sistema digestivo). Em alguns gêneros, no entanto, o direcionamento do jato está a cargo de um outro sistema, bastante sofisticado. Os insetos dos gêneros *Goniotropis* e *Pachyteles*, entre outros, possuem, nos élitros (asas superiores coriáceas, que protegem as asas motoras), flanges (abas) que se projetam lateralmente, para fora do corpo. O material quente é ejetado por saídas que se

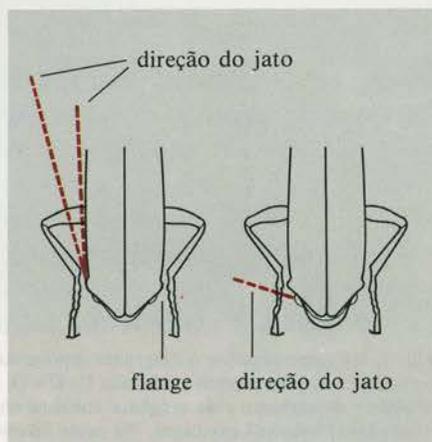


Fig. 10. Efeito Coanda aplicado por alguns besouros-bombardeiros. As setas assinalam a flange usada no direcionamento do jato defensivo para a frente (desenho à esquerda) e para o lado (à direita). O jato é defletido em maior ou menor proporção, conforme se posicione o escapamento da câmara de reação com relação à flange. Note-se também a posição variável da extremidade do abdome.

localizam atrás dessas flanges, cuja curvatura (bem como as ranhuras que apresentam) permite que o jato seja dirigido para a parte anterior do inseto (figura 10). O trajeto do jato nada mais faz, neste caso, que expressar o efeito Coanda, bem conhecido na dinâmica dos fluidos e na tecnologia dos gases: líquidos e gases, ao fluírem ao longo de superfícies curvas, tendem a seguir na mesma curvatura (aliás, é por força do mesmo efeito que observamos a tendência, por vezes desagradável, que têm os líquidos de curvar-se ao redor das bordas dos recipientes, quando vertidos).

Com o objetivo de levantar dados referentes ao ciclo vital completo do besouro-bombardeiro, decidimo-nos a empreender sua criação em cativeiro. Já na etapa prévia — isto é, a ida a campo para efetuar

a captura dos espécimes — tivemos ocasião de fazer interessantes observações, algumas com conseqüências práticas.

Pudemos notar, por exemplo, que em todos os locais onde se encontra o besouro *P. aequinotialis*, está também presente o inseto do gênero *Gryllotalpa*, conhecido popularmente como paquinha, ou, no Nordeste, cachorro-d'água. Na América do Sul, esse inseto raramente ameaça a agricultura, mas na América do Norte várias espécies do gênero *Scapteriscus*, ali introduzidas por acidente no século XIX e popularmente chamadas mole-cricket, causam enormes prejuízos, especialmente nas pastagens da Flórida, Geórgia, Alabama e Carolina do Sul, atacando o sistema radicular das plantas.

A partir da verificação de que as larvas do *P. aequinotialis* são predadoras das larvas de paquinha, um projeto que visa ao controle biológico da praga pela utilização desse inimigo natural começou a ser desenvolvido nos Estados Unidos, com nossa colaboração. Numa primeira fase, o grupo de J. Howard Frank, do Departamento de Entomologia e Nematologia da Universidade da Flórida, em Gainesville, está empenhado na criação em larga escala do *P. aequinotialis*, em laboratório, para posterior espalhamento.

Facilitando o acesso ao material experimental necessário, a criação dos besouros-bombardeiros em cativeiro abre novas perspectivas para estudos químicos e histológicos de diversos tipos. Este último campo é especialmente promissor. A análise dos tubos de escape (especialmente de suas extremidades), de diferentes gêneros e espécies de bombardeiros, associada a informações sobre a qualidade e a eficiência da reação de defesa, fornecerá importantes dados quanto à forma e à construção dos mesmos e à influência destas características na hidrodinâmica do processo de ejeção do material defensivo.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- EISNER T. e ANESHANSLEY D. J., 'Spray aiming in bombardier beetles: jet deflection by the Coanda effect', *Science*, vol. 215, n° 83, 1982.
- ANESHANSLEY D. J. *et al.*, 'Thermal concomitants and biochemistry of the explosive discharge mechanism of some little known bombardier beetles', *Experientia*, vol. 39, n° 366, 1983.
- PESCHKE K., SCHIMITT K. e ZINNER K., 'Occurrence of electronically excited products during the defensive reactions of bombardier beetles', *Photobiochemistry & Photobiophysics*, vol. 12, n° 275, 1986.
- ZINNER K., 'Some physicochemical aspects of the defensive reactions of carabid beetles. The presence of pentadecane', *Arqu. Biol. Technol.*, vol. 29, n° 453, 1986.

# Conheça tudo o que a Elebra faz.

A Elebra contribui com avançados produtos e serviços nas seguintes áreas da Eletrônica Digital:

- **Telecomunicações:** sistemas de transmissão digital, comunicação de texto, comutação pública, sistemas de comunicação privada (PABX).
- **Periféricos:** impressoras, unidades de disco rígido e flexível, e fitas magnéticas.
- **Computadores:** computadores de médio porte, sistemas e rede de computação.
- **Controles:** equipamentos para automação industrial e controle de processos.
- **Sistemas de Defesa:** radares e console de controle de tráfego e defesa aérea e eletrônica de bordo de aviões.
- **Microeletrônica:** componentes semicondutores, projetos de circuitos integrados, dispositivos optoeletrônicos ativos e passivos.
- **Comunicação de Dados:** modems de alta e baixa velocidade.

Agora, conhecendo o que a Elebra faz, só falta conhecer a qualidade e a tecnologia de seus produtos e serviços.



Telecomunicações • Periféricos • Computadores • Controles • Sistemas de Defesa • Microeletrônica • Comunicação de Dados.





*História da balança e a vida de J. J. Berzelius*, de Heinrich Rheinboldt, São Paulo, Nova Stella Editorial/ Editora da Universidade de São Paulo, 1988.

Se recorrermos a um dicionário, veremos que 'clássico', entre outras coisas, significa: "da mais alta qualidade, modelar, exemplar, cujo valor foi posto à prova do tempo", qualificativos que sem dúvida podem ser aplicados a estes dois trabalhos históricos do professor Heinrich Rheinboldt, *A vida de J. J. Berzelius e Balanças e pesagens na época pré-clássica da química*.

Para conhecimento dos mais jovens, Rheinboldt foi, em 1934, o fundador do então Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, iniciando verdadeiramente uma escola de pesquisa química científica em nosso país. Além de suas excepcionais qualidades de cientista, foi também um destacado historiador da química, e isto pode ser visto e sentido nestes dois trabalhos em pauta. Ambos foram inicialmente publicados em *Selecta Chimica*,

## PRECIOSIDADES

revista editada pela Associação dos Ex-Alunos de Química da FFCL-USP, em 1945 (*Balanças*) e em 1950 (*Berzelius*). Durante sua existência, *Selecta Chimica* — infelizmente extinta em 1963 — foi talvez a revista científica de química de mais alto nível editada em nosso país.

A primeira parte do livro, sobre a vida de um dos fundadores da química moderna, é um exemplo, um modelo de estudo histórico-biográfico. Este trabalho foi apresentado originalmente como conferência, no auditório da Biblioteca Municipal de São Paulo, em 30 de agosto de 1948, perante a SBPC e as associações de ex-alunos de química, por ocasião do centenário da morte de Berzelius. Rheinboldt discorre sobre a vida e a obra do 'organizador', analisando a última com a familiaridade de quem realmente a estudou e tirando da primeira interessantes lições para nossa época: a importância das bolsas de estudo para o jovem pesquisador que foi Berzelius (que se tornou internacionalmente conhecido aos 24 anos) e para o desenvolvimento científico de uma nação, a importância de se publicarem os trabalhos científicos em revistas de ampla circulação, além de interessantes questões pedagógicas com relação à formação do pesquisador (por exemplo: qual a relação entre o sucesso profissional de um cientista e seu anterior desempenho escolar?). Para se ter uma idéia da relevância de Berzelius para a ciência, basta verificar que termos e conceitos como isomeria, catálise e polímero foram criados por ele.

A segunda parte do livro, *Balanças e pesagens na época pré-clássica da química*, é

de fato quase uma história da balança (daí o nome adotado na edição atual), que abrange desde a Antiguidade até Lavoisier. Rheinboldt vai descrevendo o uso da balança pelos químicos e a própria química dessas épocas. São páginas e páginas de leitura agradável e fascinante, ricas de informações sobre os mais variados aspectos da química, informações essas muitas vezes baseadas em fontes primárias, ou seja, em textos químicos do século XVI ao XVIII. Pode-se perceber ao longo do trabalho que a conservação da massa era coisa conhecida e utilizada pelos químicos desde pelo menos o século XVI, mas só explicitada com Lavoisier, no século XVIII, quando adquiriu o significado que hoje conhecemos. Pequenas biografias de ilustres pioneiros (Biringuccio, Agricola, Lemery e muitos outros) são apresentadas como notas ao texto principal. Destacamos a descrição pictórica e textual das 'ferramentas químicas' utilizadas por J. J. Becher no século XVII.

Neste ano de 1989, em que estamos comemorando os 200 anos do lançamento do *Traité élémentaire de Chimie*, de Lavoisier — obra considerada como a 'certidão de nascimento' da química moderna —, o professor Simão Mathias, organizador da edição de *História da balança*, e a Nova Stella estão de parabéns por presentear o público em geral e os estudiosos da história das ciências com essas duas preciosidades.

### Aécio Pereira Chagas

Instituto de Química, Universidade de Campinas



## NA ESTANTE

• Professor de antropologia da Universidade Estadual de Campinas (SP), Roberto Cardoso de Oliveira tem uma vivência da questão indigenista que remonta ao tempo em que trabalhou como etnólogo do antigo Serviço de Proteção ao Índio (SPI). Conhece por dentro o 'indigenismo oficial'. Agora ele reúne num pequeno volume (*A crise do indigenismo*, Editora da Unicamp) três artigos originalmente escritos para o jornal *Folha de São Paulo* e duas entrevistas

que concedeu quando ensinava na Universidade de Brasília. Nos três primeiros, agrupados sob o título 'Pontos de Vista', busca identificar alguns equívocos que cercam a questão. Nas entrevistas, fala do papel dos antropólogos: um papel limitado, mas que lhes permite alertar os governantes e a opinião pública para as condições de vida dos povos indígenas.

• O estudo das epidemias se mantém sobre um tripé: a clínica, a estatística e a medicina social. Naomar de Almeida Filho, em seu livro *A epidemia sem números, uma introdução crítica à ciência epidemiológica*, procura demonstrar os prejuízos que surgem quando se omite a dimensão

social das questões relacionadas a esse tema. A epidemiologia tradicional é seu alvo. Seu objetivo é demonstrar a importância da ação humana na construção histórica da epidemiologia. A publicação é da Editora Campus.

• A proliferação das chamadas 'organizações não governamentais' é sensível em todo o país. Quantas são? Em que áreas atuam? São temas tratados em *Sem fins lucrativos — As ONGs no Brasil*, organizado pela antropóloga Leilah Landim e publicado por uma ONG, o Instituto Superior de Estudos da Religião (Iser). O trabalho pode ser solicitado à sede do Iser, no Largo do Machado 21, cobertura, Rio de Janeiro.

# Nestlé: compromisso com o desenvolvimento brasileiro.

---

Há 68 anos, a Nestlé vem contribuindo para o desenvolvimento e bem-estar da sociedade, elevando a qualidade e o padrão de saúde pública.

Essa mesma atenção, sempre presente na qualidade dos produtos que saem de suas fábricas, agora ganha uma nova forma: o Programa Institucional Nestlé. Por intermédio de convênio com entidades ligadas ao ensino e à pesquisa, o Programa incentiva a criação de cursos práticos, beneficia o aperfeiçoamento de recursos humanos e apóia pesquisas de interesse comunitário nas áreas de nutrição e alimentos.

Recentemente, a Escola Paulista de Medicina firmou con-

vênio com a Nestlé para o aperfeiçoamento de seus profissionais das áreas de Nutrição e Pesquisa. Melhores condições de vida para os pequenos e médios produtores de leite de Viçosa é o objetivo do convênio da Universidade Federal desta cidade de Minas Gerais. E um manual de Nutrição destinado às escolas de primeiro grau de Recife está sendo desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco.

A Nestlé, por intermédio do Programa Institucional, consolida seu compromisso com o povo brasileiro e ajuda a escrever mais uma página importante da história do desenvolvimento nacional.

**Nestlé**

Sua vida, nossa história.

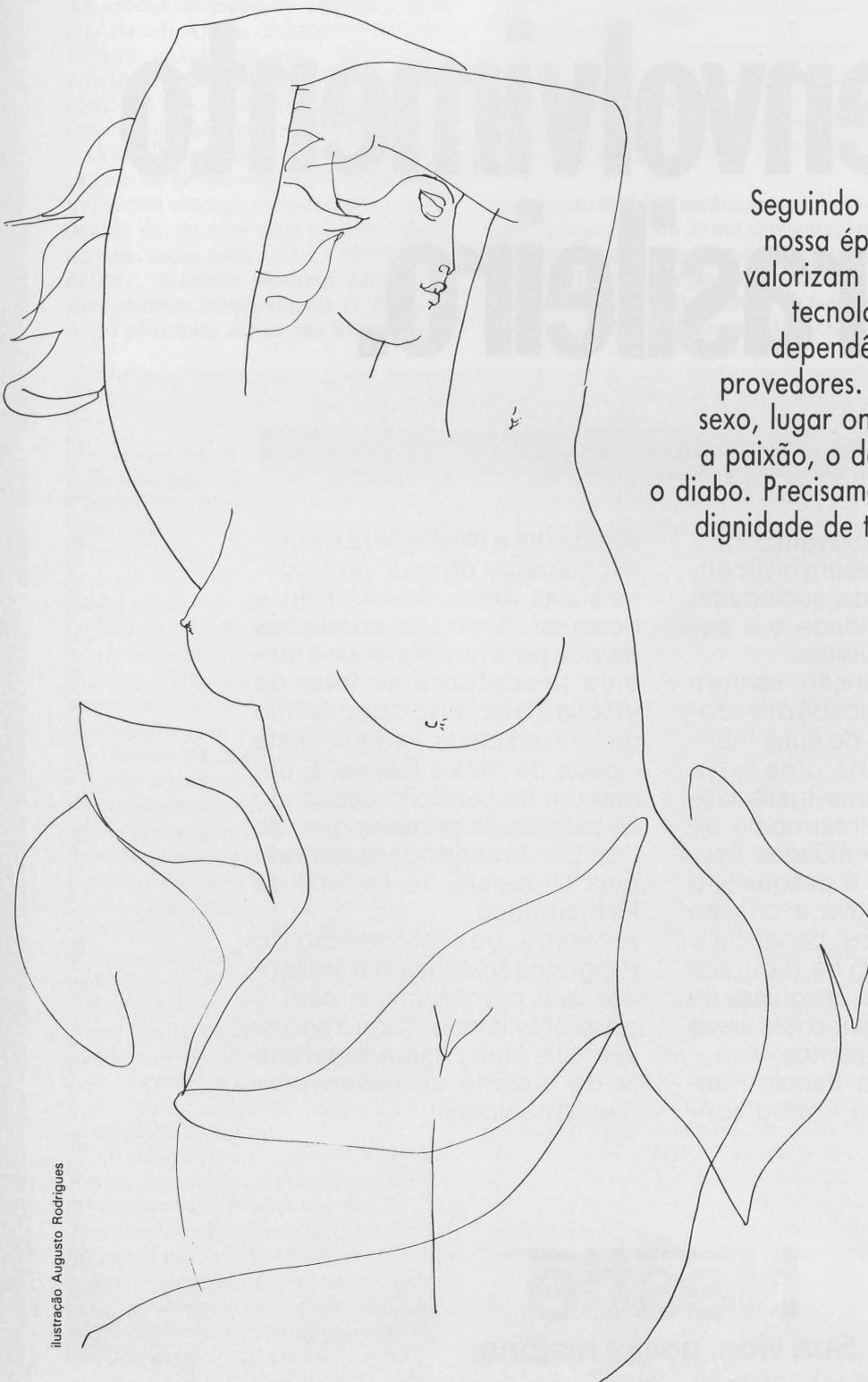
# IDEOLOGIA DA PESQUISA EM CONTRACEPÇÃO

**Carmen Lúcia de Melo Barroso**  
Fundação Carlos Chagas

Seguindo a tendência geral da medicina de nossa época, os métodos de contracepção valorizam cada vez mais a eficácia, utilizam tecnologia sofisticada e induzem grande dependência dos usuários em relação aos provedores. Mas contracepção está ligada ao sexo, lugar onde se encontram, além da razão, a paixão, o desejo, as normas culturais, Deus e o diabo. Precisamos de uma ciência voltada para a dignidade de todos e a autonomia de cada um.

A pesquisa em contracepção, tal como a conhecemos hoje, só tomou maior impulso a partir da década de 1960. Foi somente nos anos 50 que se iniciou a busca sistemática de um anticoncepcional oral, embora os pré-requisitos científicos e técnicos necessários ao seu desenvolvimento já existissem desde o final da década de 1930. Havia muitas décadas, também, consideráveis setores da população dos países industrializados vinham praticando a limitação de filhos com as técnicas de que dispunham, mas, na época, nem a comunidade científica nem a indústria farmacêutica manifestaram interesse pelo assunto. No caso da comunidade científica, era mais do que um simples desinteresse: havia mesmo uma rígida oposição aos poucos pesquisadores que tentaram fazer alguma coisa nessa área.

A primeira vista, é difícil entender porque isso ocorreu. Para a indústria farmacêutica, havia um vasto mercado potencial, que ela certamente não ignorava; para os médicos, a contracepção poderia vir a atender a seus próprios interesses, pois estudos sugerem que, desde o século XIX, eles praticavam a limitação da natalidade mais do que qualquer outro grupo. Na verdade, atuaram como poderosos impedimentos



o moralismo e o natalismo, componentes ideológicos hegemônicos nos países que teriam condições técnicas e científicas para iniciar a pesquisa em contracepção.

Vivien Walsh, especialista em política científica da Universidade de Sussex (Inglaterra), documentou como, nos Estados Unidos e na Inglaterra, a contracepção, embora amplamente praticada, permanecia semiclandestina, sempre associada à idéia de obscenidade, algo extremamente perigoso para a reputação profissional de médicos e cientistas, ciosos de sua respeitabilidade, e para a indústria farmacêutica, receosa de ofender o público. Se nos países saxônicos predominava a moral vitoriana e o puritanismo, nos países latinos a influência do catolicismo produzia resultados semelhantes, pois a oposição à separação entre sexualidade e reprodução tem sido um dos componentes centrais da doutrina moral católica através dos séculos.

Essas resistências só viriam a ser vencidas nos anos 60, com a progressiva liberalização das normas sexuais e, principalmente, com a divulgação de estatísticas sobre a aceleração do crescimento demográfico do Terceiro Mundo. Nesse contexto, interpretações simplistas deram nova popularidade às velhas teses malthusianas, especialmente entre as elites dos Estados Unidos. Diz Vivien Walsh: "Na ansiedade do governo e do público, os cientistas encontraram uma razão aceitável para fazer sua pesquisa, e as companhias farmacêuticas para investir numa inovação potencialmente lucrativa. Pincus, que desempenhou um papel chave no desenvolvimento da pílula anticoncepcional, cita esta como uma das razões pelas quais começou a pesquisar em 1950."

Hoje a pesquisa em contracepção conquistou 'direito de cidadania' no mundo científico e — embora sob constante ataque das forças da Nova Direita norte-americana — tem conseguido manter um volume de projetos que totaliza cerca de 150 milhões de dólares anuais. A maior parte dessa verba (cerca de 90 milhões) é gasta em pesquisa básica, cerca de 50 milhões em pesquisa de novos métodos e o restante na avaliação dos métodos existentes. Enquanto a pesquisa básica é feita quase exclusivamente nos países desenvolvidos, um pouco mais de 1/5 das demais pesquisas é realizado em países em desenvolvimento. Índia, China, Chile, México e Brasil encabeçam esta última lista, com o maior número de projetos.

A distribuição dos recursos pelos diversos métodos, mostrada na tabela, é um in-

dicador preciso das prioridades da pesquisa. Nota-se um predomínio absoluto dos métodos femininos, de alta tecnologia, longa duração e indutores de grande dependência do consumidor em relação ao provedor do método. Essas características não resultam do acaso. Ao contrário, expressam políticas que são informadas por uma ideologia, cujo componente principal é a valorização exacerbada da eficácia, em detrimento de outras características talvez igualmente importantes para o usuário.

Se o controle demográfico foi a motivação que permitiu à pesquisa vencer a resistência moralista, segue-se logicamente que o sucesso de um método deva ser avaliado em termos de número de nascimentos evitados. A satisfação da usuária e até sua saúde, passam a ter importância relativamente minimizada numa equação de custo-benefício na qual, em busca do supremo benefício de evitar uma gravidez indesejada, as pessoas estariam dispostas a qualquer sacrifício que se fizesse necessário.

A supervalorização da eficácia está associada em parte a uma visão racionalista da natureza humana, que os pesquisadores em contracepção parecem compartilhar com os colegas cientistas de outras áreas. Tal visão privilegia a dimensão da racionalidade a ponto de identificá-la (no sentido de fazê-la coextensiva) com o ser humano. Essa tendência a conceber a racionalidade de uma forma que ofusca as demais dimensões da vida é bastante compreensível na ciência, ela própria produto da razão humana. Além disso, a relativa simplicidade dessa visão racionalista exerce atração inegável sobre os pesquisadores,

que procuram elaborar sistemas conceitualmente elegantes e testar correlações lineares, e que consagram a parcimônia como regra fundamental da filosofia da ciência. Foi graças a esses valores e a esses métodos de pesquisa que tanto progresso científico foi alcançado no mundo moderno. Não se trata aqui de ignorar seu mérito. Porém, foi também a adesão irrestrita e exclusiva a essa forma de pensar que inibiu o desenvolvimento de outros conhecimentos, relacionados com os demais continentes da experiência humana.

Na pesquisa em contracepção, a idéia que se tem do usuário é a de um ser racional que — por motivos que não interessam ao pesquisador — prefere evitar a gravidez. Esta preferência não é o equilíbrio instável de uma série de forças em tensão: ela é claramente consciente, não contém ambigüidades e nem está sujeita à variação temporal. A pessoa tem conhecimento de suas alternativas de vida e pode prever as conseqüências dos vários cursos de ação possíveis. Em função deste conhecimento e desta capacidade de previsão, planeja não ter filhos durante um período bem determinado. Uma vez estabelecido um plano, se o sujeito tiver informações e acessos a métodos anticoncepcionais eficazes, agirá de acordo com o planejado. Qualquer desvio deste modelo vai para a vala comum do 'erro', risco de fracasso que se quer diminuir sem necessariamente tentar compreender. Este modelo ideal de racionalidade é simples demais para descrever qualquer comportamento humano, mas está particularmente longe do comporta-

Distribuição percentual de gastos com pesquisa por tipo de método contraceptivo (1980-1983)

| Métodos contraceptivos              | 1980   | 1981   | 1982   | 1983   |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Anticoncepcionais orais             | 10,2   | 11,4   | 11,0   | 9,9    |
| Esteróides injetáveis               | 1,4    | 2,0    | 1,2    | 2,8    |
| Implantes                           | 3,3    | 3,3    | 3,7    | 2,6    |
| Anéis vaginais                      | 2,4    | 1,5    | 1,5    | 1,1    |
| Outros inibidores da ovulação       | 12,4   | 11,7   | 12,5   | 11,7   |
| DIUs                                | 2,3    | 1,3    | 1,9    | 1,4    |
| Pós-ovulatórios                     | 10,2   | 12,1   | 14,9   | 18,0   |
| Barreiras e espermicidas            | 4,8    | 6,1    | 4,3    | 3,3    |
| Esterilização tubária               | 1,8    | 0,5    | 0,5    | 0,2    |
| Abstinência periódica               | 1,4    | 0,7    | 0,2    | 0,2    |
| Vacinas                             | 8,0    | 8,4    | 10,0   | 9,5    |
| Masculinos                          | 11,3   | 10,4   | 7,1    | 7,2    |
| Múltiplos (masculino e/ou feminino) | 30,4   | 30,6   | 31,3   | 32,3   |
| Total (em milhares de dólares)      | 52.812 | 62.546 | 66.482 | 69.061 |

Fonte: Atkinson, 1986.

Obs.: Baseado em levantamento do Allan Guttmacher Institute entre instituições de pesquisa, companhias farmacêuticas, Organização Mundial de Saúde e órgãos financiadores dos governos dos EUA, países europeus, Canadá e Austrália.



Ilustrações Augusto Rodrigues

mento contraceptivo. Afinal de contas, é preciso não esquecer que a concepção está ligada ao sexo, lugar onde se encontram, além da razão, a paixão, o desejo, o êxtase, as normas culturais, a religião, Deus e o diabo.

Mas, dentro do próprio domínio privilegiado da racionalidade, o modelo ideal encontra um problema particularmente difícil: trata-se da necessidade de incorporar a noção de probabilidade, de risco. Desde Piaget sabe-se que a lógica hipotético-dedutiva é uma forma de pensar só atingida na última fase do desenvolvimento intelectual (a partir da adolescência, nas populações de classe média de sociedades industriais). Quando à noção de condicionalidade, inerente a essa lógica, acrescenta-se a noção de probabilidade, a dificuldade de operação com esses conceitos se multiplica. Isto se ficarmos no plano puramente cognitivo. Mas os psicólogos têm estudado outros componentes do comportamento de risco, inclusive as diferenças individuais quanto ao 'prazer de arriscar-se', tão típica dos jogos de azar.

Isso não significa que o modelo da racionalidade em seu estado puro seja conscientemente aceito pelos pesquisadores de contracepção. Significa apenas que a tendência a superestimar o peso do comportamento 'racional' favorece o relativo descaído das questões complexas que podem estar associadas àquilo que já se convencionou chamar tão simplesmente de *user failure rate* (índice de falha do usuário), cuja

existência não era inicialmente prevista, mas que veio a se constituir numa das preocupações centrais da área de contracepção.

Aceitabilidade e taxa de continuação são palavras-chave no vocabulário de pesquisadores em contracepção. Depois de anos de entusiasmo irrestrito com as novas descobertas de sua área, a dura realidade dos programas de massa mostrou que métodos atraentes no laboratório não recebiam a adesão entusiástica que pareciam merecer. Problemas talvez considerados de menor importância pelo pesquisador (preocupado sobretudo em evitar a gravidez) como, por exemplo, aumento de peso ou sangramento contínuo, acabavam por reduzir drasticamente a adesão ao método. Desta forma, métodos que, por sua aura científica e moderna, ganharam de imediato a confiança da população (ansiosa por reduzir sua fecundidade) eram abandonados tão rapidamente quanto experimentados, após a ocorrência de algum efeito colateral imprevisto.

O próprio conceito de eficácia precisou ser revisto. Foi introduzida a distinção entre 'eficácia de método' e 'eficácia do usuário'. Enquanto a primeira se refere à eficácia teórica, obtida em condições ideais, a segunda se refere à eficácia prática, verificada nas condições concretas de sua utilização, com a interferência de um número desconhecido e, portanto, imprevisto de variáveis não controladas.

Diante das marcantes diferenças observadas entre as duas eficácias, haveria para

a maioria dos métodos — inclusive a pílula — duas abordagens possíveis. A primeira: sair do laboratório e procurar compreender as 'variáveis desconhecidas' que atuam na vida real; eventualmente, aperfeiçoar o método, de forma a adaptar-se a elas e/ou aceitar que muitas dessas variáveis estão expressando necessidades humanas profundas, inerentemente instáveis (e, portanto, conformar-se com o fato de que algumas pessoas precisem de métodos de eficácia menos que perfeita).

A segunda abordagem possível — a que parece ter recebido a preferência das agências de pesquisa — foi a de permanecer no laboratório e buscar métodos que fossem independentes dessas variáveis 'extrâneas'. O objetivo foi minimizar o 'risco de fracasso do usuário', desenvolvendo métodos que não dependessem de sua motivação, habilidade, memória, disposição, estado de humor, capacidade de compreender instruções, atitude em relação ao parceiro, desinibição sexual, medos, angústias e outras condições psicológicas.

A própria definição do problema a ser investigado difere radicalmente nas duas abordagens. Aquilo que seria o objeto central de investigação na primeira é considerado como fora da área de interesse da pesquisa e deliberadamente excluído na segunda. Assim, embora o 'risco do usuário' seja, para alguns métodos e algumas populações, bastante alto, o esforço para compreensão de sua natureza e origem tem sido relativamente pequeno.

Um documento recente da Organização Mundial de Saúde (OMS) sugere diretrizes para aperfeiçoamento das pesquisas sobre esteróides contraceptivos sem fazer menção ao estudo das causas da ineficácia. Ao longo de suas 58 páginas, o teste de eficácia aparece como preocupação central. Propõe-se, simplesmente, a suspensão da pesquisa, caso a taxa de gravidez seja superior a um nível predeterminado. Quanto às razões para descontinuação ou queixa, merecem apenas um curto parágrafo de três linhas, no qual se reconhece a possibilidade de que sejam 'culturalmente relacionadas'.

É sinal alvissareiro que a própria OMS tenha procurado sanar essa lacuna elaborando diretrizes para 'estudos de campo' que visam, entre outras coisas, a avaliar a 'eficácia do usuário', dando prioridade a normas culturais, conteúdo da informação transmitida, metodologia de aconselhamento, qualidade de interação provedor-cliente, qualidade e amplitude da assistência médica e acesso aos serviços. Independentemente dos méritos ou deméritos dessas diretrizes (ainda não publicadas oficialmente), causa estranheza que estejam desligadas das recomendações de estudos clínicos e de acompanhamento dos métodos comercializados, objeto do primeiro documento. É que esta divisão pode significar que, enquanto uns estudos visam à seleção de métodos a serem utilizados, outros se limitam à adaptação dos serviços, com vistas ao aumento da aceitabilidade de métodos previamente selecionados. Tal divisão de trabalho é semelhante à existente em outras áreas, como, por exemplo, a agricultura. Neste caso, novas tecnologias são desenvolvidas e,

uma vez rejeitadas pelos agricultores, chamam-se antropólogos para descobrir meios de convencê-los a adotar as inovações. Tanto numa como na outra área, o etnocentrismo dos pesquisadores os leva a crer que são eles próprios os que melhor conhecem as necessidades do usuário.

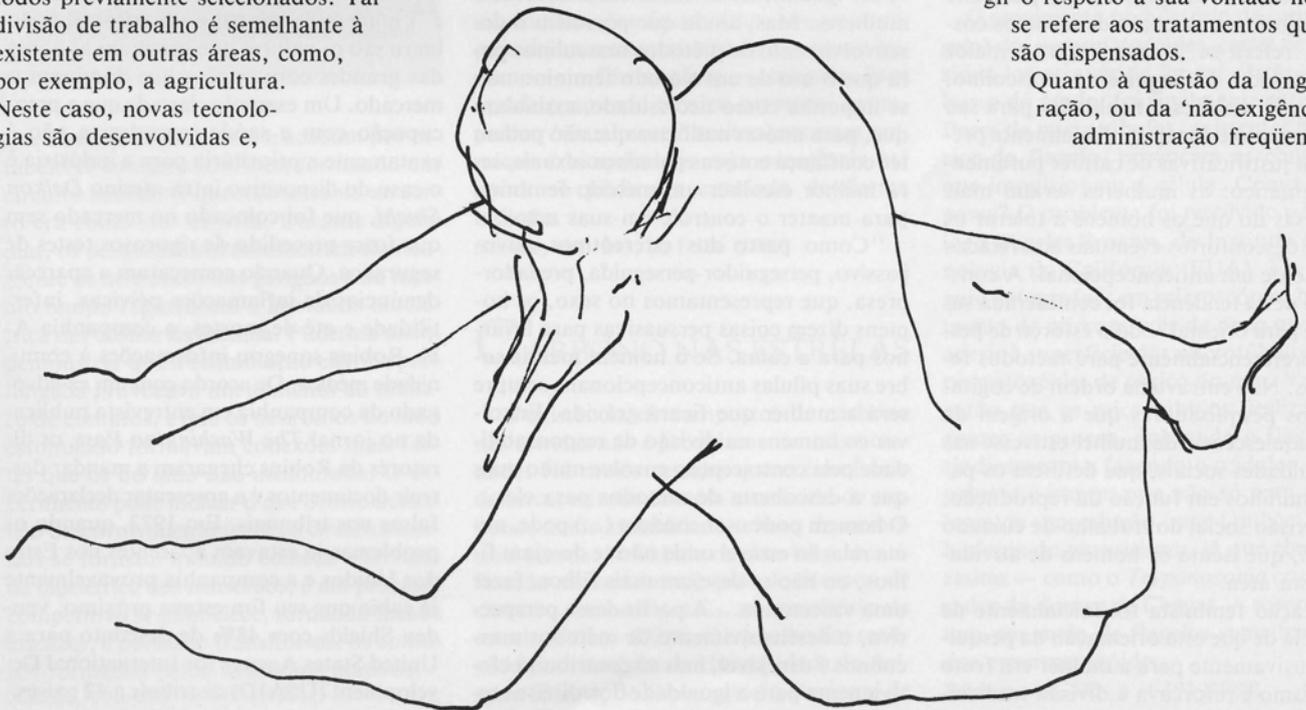
Como vimos, a valorização suprema da eficácia e a constatação de que a eficácia prática pode diferir da eficácia teórica levaram ao privilegiamento de métodos de alta tecnologia, de longa duração e de alta dependência em relação ao provedor do método. O recurso à alta tecnologia não é apanágio da pesquisa em contracepção, mas uma tendência geral da medicina quando busca respostas tecnológicas para questões que talvez fossem mais bem equacionadas no nível do sistema social. Em relação às novas tecnologias reprodutivas, de fertilização *in vitro* e outras, a norte-americana Ann Snitow comenta: "Deveríamos ver com ceticismo a própria maneira como são definidos os problemas para cuja solução as novas tecnologias estão sendo inventadas. Por exemplo, a dificuldade com a concepção é identificada mais corretamente com 'crescente infertilidade'? Ou deveríamos olhar para a origem da infertilidade e denominar o problema de 'ambiente de trabalho tóxico' ou 'tratamento médico postergado, por excessivamente caro', ou 'tentativa de concepção postergada pela inadequação dos programas de creche'?"

O pesquisador argumentará — com razão — que as soluções sistêmicas não estão ao seu alcance enquanto indivíduo, mas não se trata aqui de atribuir responsabilidades individuais. Trata-se, isto sim, de apontar a tendência de uma área científica que precisa ter claros os seus limites, pois a tecnologia, embora necessária, só fará sentido como parte da expansão de oportunidades para a saúde em geral.

Além de insuficiente para a solução de problemas de natureza basicamente social, a alta tecnologia pode constituir uma ameaça à liberdade de opção: na medida em que a administração do método passa a depender cada vez menos do usuário, abre-se a porta a abusos, que serão tão mais prováveis quanto menos democrática for a sociedade. E é porque ainda estamos, na maioria dos países, longe daquilo que se poderia considerar efetivamente uma democracia, que o movimento de mulheres tem levantado sérias objeções a métodos de alta dependência em relação ao provedor.

Em particular, é preciso não esquecer que, nos países do Terceiro Mundo, de um modo geral, a cobertura e a qualidade dos serviços médicos deixam muitíssimo a desejar. Tão grave quanto a precariedade do sistema de atendimento à saúde é o fato de que o conceito de cidadania e dos direitos individuais é de tal forma incipiente e frágil que praticamente não inclui o direito inalienável do usuário de questionar as práticas médicas e, muito menos, exigir o respeito à sua vontade no que se refere aos tratamentos que lhe são dispensados.

Quanto à questão da longa duração, ou da 'não-exigência de administração freqüente', é ▶



provável que um número considerável de usuárias compartilhe a valoração positiva destas características, na medida em que suas decisões de regulação de fecundidade sejam relativamente estáveis e, especialmente, levando em consideração que, com a divisão sexual do trabalho que prevalece em nossa sociedade, sua atribulada faina cotidiana não lhes deixa muito tempo para cuidar de si próprias. Além disso, a precariedade dos serviços médicos exige deslocamentos e esperas incompatíveis com suas responsabilidades.

Há, porém, um problema sério: como os efeitos dos métodos de longa duração — em geral hormonais — ainda são parcialmente desconhecidos e reações idiossincráticas podem ocorrer, seria mais vantajosa a curta duração e — no caso de reações adversas — a possibilidade de suspensão imediata do método pela própria usuária. A questão da longa duração é um caso típico da necessidade de não se adotar uma atitude maniqueísta e de compreender em que circunstâncias, ou para quais usuárias, tal ou qual característica pode ser ora positiva, ora negativa.

Estima-se que apenas 10% dos recursos para pesquisa em reprodução sejam alocados especificamente para métodos destinados aos homens, embora algumas agências tenham, nos últimos anos, passado a dar maior atenção à pesquisa básica sobre fisiologia masculina.

As justificativas apresentadas para este desequilíbrio na alocação de recursos costumam referir-se a uma suposta maior complexidade do organismo masculino, implicando maiores dificuldades para seu conhecimento e controle. Atualmente prevalecem justificativas de caráter puramente pragmático: as mulheres seriam mais propensas do que os homens a tolerar os riscos e desconfortos eventuais acarretados pelo uso de um anticoncepcional. A constatação desta tendência foi considerada suficiente para orientar todo o esforço de pesquisa preferencialmente para métodos femininos. Não entrava na ordem de cogitações dos pesquisadores que a origem da maior aquiescência da mulher estivesse nas desigualdades sociais, que definem os papéis femininos em função da reprodução, e na divisão social do trabalho de cuidado infantil, que isenta os homens de atividades nesta área.

A reação feminista foi inicialmente de denúncia de que esta orientação da pesquisa exclusivamente para a mulher era fruto do sexismo e reforçava a divisão tradicio-

nal dos papéis sexuais. Seguia-se logicamente a demanda por pesquisa de métodos masculinos.

Pesquisadores não estão imunes às atitudes machistas que permeiam nossa sociedade e, muitas vezes, as assimilam inconscientemente. Ultimamente a crítica feminista despertou maior cautela quanto à expressão de preconceitos contra a mulher, mas estes ainda aparecem, de forma explícita ou velada. Como consequência dessa atitude, profissionais arrogam-se o direito de decidir o método anticoncepcional que a mulher deverá usar e menosprezam efeitos colaterais que, mesmo sem significar risco sério, podem ter um peso grande para ela, em função de normas patriarcais que valorizam a beleza e a associam a determinados padrões: pode ser o caso da acne e do aumento de peso. Por mais que questionemos tais normas, é importante reconhecer que, para muitas mulheres, elas condicionam a própria identidade e geram sentimentos relativos à auto-estima que merecem ser respeitados.

Atualmente a posição do movimento de mulheres em relação à pesquisa de métodos masculinos tem se diversificado. De um lado, há correntes naturalistas que rejeitam toda e qualquer pesquisa de alta tecnologia em qualquer campo; de outro, há correntes que, embora mantendo uma posição crítica em relação à forma como muitas vezes a pesquisa é conduzida, consideram que a tecnologia é necessária e que seu ônus deve ser igualmente dividido entre homens e mulheres. Mas, ainda que postulem o desenvolvimento de métodos masculinos para que o uso de um método feminino não se imponha como necessidade, assinalam que, para muitas mulheres que não podem ter confiança em seus parceiros sexuais, será melhor escolher um método feminino para manter o controle em suas mãos.

“Como parte dos estereótipos ativo-passivo, perseguidor-perseguida, predador-presa, que representamos no sexo, os homens dizem coisas persuasivas para levarnos para a cama. Se o homem mentir sobre suas pílulas anticoncepcionais, sempre será a mulher que ficará grávida. Envolver os homens na divisão de responsabilidade pela contracepção envolve muito mais que a descoberta de métodos para eles... O homem pode usar condom (...) pode, numa relação estável onde não se desejam filhos, ou não se desejam mais filhos, fazer uma vasectomia... A partir dessa perspectiva, o desenvolvimento de métodos masculinos é desejável, mas só contribuirá efetivamente para a igualdade dos direitos re-

produtivos quando eliminados os estereótipos ligados à sexualidade” (*Boston Women's Health Book Collective*, 1984).

A modificação da ideologia pode encontrar obstáculos em mecanismos institucionais ligados à divulgação e utilização da pesquisa, bem como nas relações que se estabelecem entre o pesquisador, a comunidade científica e as fontes de financiamento. O sistema de atribuição de prestígio e poder científico tem suas próprias leis, que têm merecido a atenção de sociólogos desde Robert K. Merton. Seria interessante estudar em que medida este sistema reforça ou é permeável a mudanças na prática da pesquisa em contracepção.

Nos anos 60, o financiamento da pesquisa em contracepção era praticamente todo feito pelas companhias farmacêuticas norte-americanas e, secundariamente, pelas europeias. Nas últimas décadas, esta participação caiu 10 a 20%, segundo dados da norte-americana Linda Atkinson, que atribuiu a retração ao alto custo do desenvolvimento de novos contraceptivos (de 40 a 70 milhões de dólares) e à relutância em desenvolver métodos que viessem a desbancar os anticoncepcionais orais, altamente lucrativos. Mas, apesar da retração de sua participação direta no financiamento, a indústria tem estreitado suas relações com os organismos de pesquisa, fornecendo produtos, financiando o seu desenvolvimento e oferecendo consultoria.

A venda de contraceptivos para o maior número de pessoas e a maximização do lucro são os valores que orientam as ações das grandes corporações que dominam o mercado. Um exemplo claro de que a preocupação com a saúde reprodutiva não é exatamente a prioritária para a indústria é o caso do dispositivo intra-uterino *Dalkon Shield*, que foi colocado no mercado sem que fosse precedido de rigorosos testes de segurança. Quando começaram a aparecer denúncias de inflamações pélvicas, infertilidade e até de mortes, a companhia A. H. Robins sonogou informações à comunidade médica. De acordo com um ex-advogado da companhia em entrevista publicada no jornal *The Washington Post*, os diretores da Robins chegaram a mandar destruir documentos e a apresentar declarações falsas nos tribunais. Em 1972, quando os problemas já estavam aparentes nos Estados Unidos e a companhia provavelmente já sabia que seu fim estava próximo, vendeu Shields com 48% de desconto para a United States Agency for International Development (USAID) distribuir a 42 países.

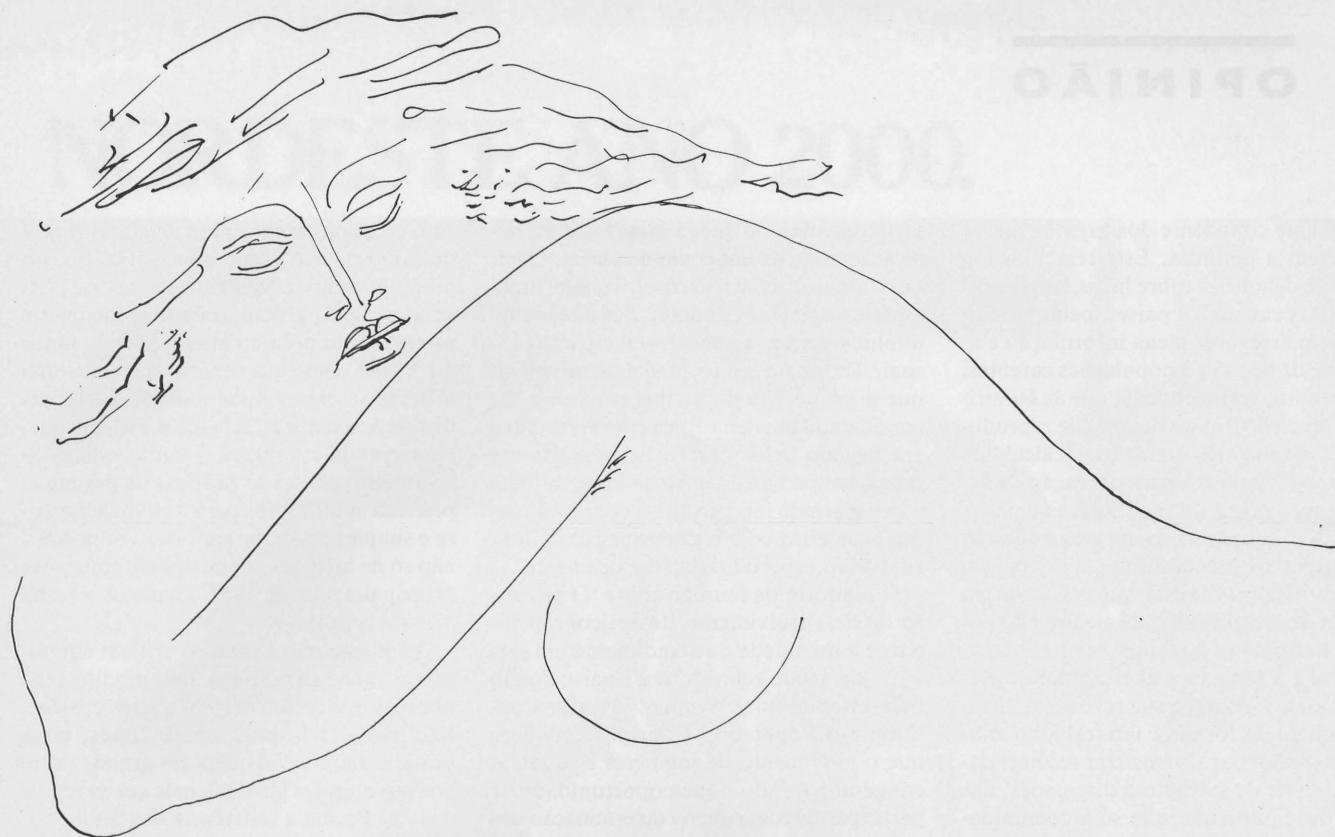


ilustração Augusto Rodrigues

Atualmente grande parte do financiamento das pesquisas vem de governos. Atkinson fornece as seguintes cifras, de 1986, sobre a participação no total dos recursos: governo dos EUA — cerca de 60%; outros países desenvolvidos — 14%; indústria norte-americana e europeia — 10 a 20%; fundações — 4%; países subdesenvolvidos — 2%. Não se trata aqui de adotar a versão conspiratória de genocídio programado, mas é necessário reconhecer que preocupações de caráter geopolítico são predominantes na constelação de interesses que encontram expressão nas políticas populacionais dos países hegemônicos.

Nos últimos anos as teses da Nova Direita introduziram um complicador sério neste quadro. Essa corrente mantém a preocupação geopolítica, mas dissocia o crescimento populacional de suas supostas conseqüências desestabilizadoras. As forças que lhe são opostas continuam a recorrer, em maior ou menor grau, a uma valorização da contracepção em termos de 'número de nascimentos evitados' e, portanto, a uma supervalorização da eficácia em detrimento da segurança (segurança, aqui, no sentido de ausência de riscos toxicológicos). Com base em dados oficiais do governo norte-americano, Cary LaCheen mostra que "a parte do leão do dinheiro gasto por governos e organizações não lucrativas em pesquisa em contracepção ficou em pesquisa básica, treinamento e desenvolvimento de novos anticoncepcionais, enquanto menos de 10% foram para estudos de segurança. Além disso, a maioria

dos fundos do setor público foi para métodos de 'alta eficácia e baixo controle do usuário'... Em contraste, só 2% dos fundos foram aplicados em métodos de barreira (condom e diafragma)".

É até provável que não haja uma ingerência direta dos governos financiadores nos órgãos colegiados que decidem a distribuição dos recursos. A ingerência não é necessária: estes órgãos conhecem os objetivos e as preocupações das correntes políticas representadas nos governos e sabem que a liberalidade das verbas futuras dependerá de seu afinamento com a hierarquia de prioridades dos financiadores.

Ultimamente algumas mudanças parecem estar a caminho. Devem-se em parte à pressão exercida pelos grupos ativistas. Mas, como a força política destes grupos ainda não é tão grande, é preciso não esquecer a trágica expansão da AIDS e a acumulação de informações mostrando que, afinal, a própria 'aceitabilidade' de um método pode depender de fatores até aqui menosprezados. Abre-se um espaço ligeiramente maior para métodos masculinos e métodos de barreira, o que, no entanto, não ameaça o predomínio absoluto dos métodos femininos de alta tecnologia. Algumas agências começam a manifestar maior preocupação com a segurança e com a criação de mecanismos que garantam o respeito a normas éticas. E, por fim, parece esboçar-se um reconhecimento (ainda muito tímido) da necessidade de incorporar a perspectiva das mulheres à determinação das diretrizes da pesquisa.

O Programa de Reprodução Humana da Organização Mundial de Saúde (OMS) lançou em 1986 um documento importante: a Proposta de Diretrizes, apresentada no simpósio sobre o aperfeiçoamento dos requisitos de segurança para os esteróides contraceptivos. Trata-se de uma resenha crítica da experiência acumulada com testes toxicológicos em animais, estudos clínicos e estudos de acompanhamento de novos esteróides contraceptivos lançados no mercado, com vistas a propor aperfeiçoamentos para estes estudos.

O documento, porém, apresenta sérios problemas. Ao lado de contribuições valiosas para muitos tipos de estudos, faz uma sugestão inaceitável no que se refere aos estudos destinados a investigar os efeitos sobre os filhos dos indivíduos que usaram esteróides. Após mencionar que é problemático o uso de roedores para este tipo de estudo, reconhece que os primatas têm sido considerados os modelos mais adequados para o teste de embriotoxicidade, mas conclui que o alto custo torna sua utilização 'impraticável'. A mesma recomendação é repetida em relação aos estudos de carcinogênese. Com a divulgação da prevalência do câncer entre filhas de mulheres que usaram o hormônio DES, receita para evitar abortos, é estarrecedor verificar a persistência desta lógica, na qual o custo do sofrimento humano tem seu valor tão deflacionado.

Outro ponto preocupante das Diretrizes é a ligeireza com que se referem, nos estudos clínicos, à questão do consentimento ▶

plenamente consciente dos sujeitos que se submetem à pesquisa. Este tem sido um ponto de denúncias sobre infrações de normas éticas em muitos países, pelas dificuldades em assegurar plena informação e liberdade de decisão a populações carentes. É, portanto, surpreendente que as Diretrizes — que chegam ao detalhe de reproduzir, dos manuais de estatística, o cálculo do tamanho da amostra para obtenção de determinados níveis de significância e poder estatístico — se limitem, na grave questão do consentimento consciente, a definir um voluntário como 'sujeito que concorda em receber uma droga da qual ele (ou ela) pode vir a não obter qualquer benefício terapêutico' e a remeter a questão para a Declaração de Helsinki e sua revisão de 1975.

De qualquer forma, é um trabalho muito bem-vindo, por sistematizar recomendações e servir de subsídio a discussões, das quais deve participar não só a comunidade científica diretamente envolvida mas também a sociedade civil e as mulheres, para quem é de grande interesse a forma como são conduzidos estes estudos. A importância desta participação é ressaltada quando se recorda que foi somente na década de 1960 — após a tragédia da talidomida — que nos Estados Unidos se passou a exigir por lei a investigação prévia com animais de laboratório para afastar a possibilidade de efeitos tóxicos das novas drogas que se pretendia administrar a seres humanos. O que parece hoje um cuidado elementar e indispensável era até recentemente deixado ao arbítrio do fabricante, expondo o público a riscos muito graves.

Um dado significativo é que a direção do programa revela preocupação em assegurar que as mulheres estão 'adequadamente representadas' em seus comitês: são 27 de um total de 91 membros. É discutível se esta proporção é realmente adequada, tendo em vista que a grande maioria das pesquisas é com métodos femininos. Talvez o critério da adequação tenha sido a proporcionalidade entre o número de cientistas homens e cientistas mulheres existentes no mundo todo. Mas, neste caso, os cientistas que trabalham em países subdesenvolvidos estariam super-representados, pois constituem 56% dos comitês. Por outro lado, essas mulheres que participam dos comitês o fazem enquanto cientistas e não enquanto mulheres; embora a partir de seu compromisso pessoal possam atuar na defesa dos direitos reprodutivos das mulheres, não é esta a sua função específica. Espera-se delas que se preocupem com as questões técnicas, como os seus colegas do

sexo masculino, o que já exige bastante dedicação tanto de uns como de outras. Qualquer atuação como *ombudswoman* (uma espécie de defensora pública dos direitos femininos) será às custas de seu esforço pessoal. De qualquer forma, é significativo que a proporção de mulheres passe a ser considerada uma estatística relevante, o que era negado pelos órgãos de pesquisa até pouco tempo atrás. Outro dado importante é que tem sido incentivada a criação de comitês de ética com a participação de pessoas 'não especializadas medicamente'.

O relatório da reunião sobre 'O processo de desenvolvimento de anticoncepcionais e a qualidade de atendimento em serviços de saúde reprodutiva', patrocinado pela International Women's Health Coalition e o Population Council, reconhece que o movimento de mulheres e usuários em geral tem tido pouca oportunidade de participar diretamente na determinação das prioridades e padrões de pesquisa. Duas de suas recomendações merecem particular atenção: "Pesquisadores e provedores de serviços, junto com militantes em saúde, precisam ajudar a criar apoio a métodos empregados pelo usuário (condoms, espermicidas, diafragmas e outros) e mais atenção deve ser dada às atitudes de homens e mulheres sobre o sexo, a sexualidade, as relações entre sexo e sexismo (...). A saúde reprodutiva envolve muito mais que a contracepção."

Na sociedade brasileira hoje também se abrem caminhos para a transformação. Mudanças econômicas, sociais e políticas têm ampliado, ainda que de forma incipiente, o conceito de cidadania, tanto no sentido de abrangência mais larga das prerrogativas individuais, quanto no sentido de extensão desses direitos a camadas mais amplas da população. Sem ter ilusões sobre o grau de ampliação tanto num sentido como no outro, é necessário, no entanto, não ignorá-los. O próprio movimento de mulheres tem contribuído de maneira importante para introduzir no debate público a questão dos direitos dos usuários dos serviços médicos. Sua estratégia política para a conquista de direitos reprodutivos tem sido ao mesmo tempo realista e inovadora. Ao mesmo tempo em que luta para a reformulação dos padrões culturais e das normas legais, adota atitude de cautela em relação aos métodos dependentes do provedor, procurando desenfaturá-los.

Estamos diante de um aparente paradoxo: as mulheres, potencialmente as maiores interessadas na pesquisa em contracep-

ção, colocam-se não como aliadas dos pesquisadores, mas como adversárias ou, no mínimo, como reticentes observadoras. Essa situação é particularmente preocupante no momento político atual, quando tanto no Brasil como no cenário internacional articula-se uma ampla coalizão de forças de diversos matizes, religiosas e leigas, que, recuperando as críticas — muito válidas — levantadas contra as práticas de pesquisa, pretendem utilizá-las para a eliminação pura e simples dessas pesquisas e a imposição não só de métodos chamados naturais, mas principalmente de uma ideologia e uma moral específicas.

A solução não é calar as críticas em nome de interesses comuns, mas modificar as práticas que deram origem a essas críticas. Isto não é fácil, pois, como vimos, essas práticas são incentivadas em grande parte por mecanismos institucionais que se reproduzem. Porém a resistência das mulheres, através da mobilização organizada e de ações individuais de recusa em aceitar métodos que não atendam às suas necessidades, tem sido tão ampla que há sinais encorajadores: alguns setores dentro das próprias instituições de pesquisa começam a admitir que a abordagem adotada até agora pode ser contraproducente até para os objetivos de redução da fecundidade. É um bom sinal.

Após a experiência malograda de utilização ampla de técnicas coercitivas na Índia, disseminou-se até entre os controlistas opinião contrária ao uso da coerção, não por adesão a ideais libertários, mas pelo motivo pragmático de que "a coerção derruba governos antes de derrubar a taxa de fecundidade". Da mesma forma, é possível que estejamos no limiar de uma era em que motivos igualmente pragmáticos levem ao reconhecimento da necessidade de incorporar a perspectiva das mulheres — e não só no gerenciamento de serviços locais, mas sobretudo no direcionamento das prioridades de pesquisa.

A motivação meramente pragmática apresenta sérias limitações, uma vez que traz consigo os riscos (inerentes a qualquer negociação política) de diluição e distorção das propostas. Caberá às mulheres, portanto, escolhendo em cada momento histórico as estratégias mais eficazes para o avanço de suas demandas, manter sempre viva a visão de um mundo em que toda a organização da sociedade, em geral, e o conjunto das práticas científicas, em particular, sejam voltados para a garantia do respeito à dignidade de todos e à autonomia de cada um. ■

# Tudo que o talento brasileiro precisa é de um empurrãozinho.

Dois nomes, dois cientistas brasileiros de prestígio internacional.

Um deles é o Professor Leopoldo de Meis, premiado pela Academia de Ciências do 3º Mundo, que vem pesquisando a transformação da energia em sistemas biológicos. Trabalho que mereceu reportagem aqui mesmo, na Revista Ciência Hoje.

Há um ano e meio, o Professor Leopoldo coordena um programa de formação de pessoal em bioquímica, treinando estudantes em laboratório. Estimular esses novos pesquisadores é fundamental para o futuro da ciência brasileira.

O esforço do Professor Leopoldo é apoiado financeiramente pela FAPERJ.

O outro nome é do Professor Constantino Tsallis.

Com um dos auxílios que recebeu da FAPERJ, pôde viajar à China e ao Japão, onde desenvolveu valioso intercâmbio com renomados cientistas, tema de artigos em revistas internacionais.

Com outro auxílio, o Professor Constantino pôde atualizar equipamentos, o que tem facilitado muito o andamento de suas pesquisas como, por exemplo, as que vem desenvolvendo sobre modelos de redes de neurônios e autômatas celulares.

E com um terceiro auxílio, está organizando a conferência internacional "STATPHYS." Este é o grande acontecimento em física estatística do mundo, aguardado ansiosamente e realizado a cada 3 anos, sempre num país diferente.

Nesta conferência, é concedida a medalha Boltzman, uma espécie de Prêmio Nobel de Física Estatística. E será a primeira vez que a STATPHYS vai acontecer num país do hemisfério Sul, no Brasil, de 31 de julho a 4 de agosto.

Num país que não prima por tratar muito bem seus cientistas, o Estado do Rio de Janeiro e a FAPERJ se orgulham de estar por trás de fatos tão importantes.

A FAPERJ quer continuar a servir aos cientistas fluminenses estimulando, apoiando e financiando o talento de nossa gente.



**Professor Leopoldo de Meis**  
*Professor Titular de Bioquímica do ICB-UFRJ*

## **Professor Constantino Tsallis**

*Pesquisador Titular do CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.*



GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**FAPERJ**

**Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro**

Av. Erasmo Braga, 118 - 6º andar  
Tels: (021) 221.5219 - 221.7846 - RJ

## VINHAÇA: RESÍDUO OU SUBPRODUTO?

O etanol (ou álcool etílico) pode ser obtido a partir de diversas plantas, como a mandioca, o sorgo ou o babaçu. No Brasil, a cana-de-açúcar constitui a matéria-prima utilizada em maior escala para este fim, e por isso o álcool é considerado entre nós um subproduto do açúcar. A cultura canavieira, que vem desde os tempos coloniais, é hoje a maior indústria do estado de São Paulo, posição que decorre sobretudo da criação, em novembro de 1975, do Programa Nacional do Álcool (Proálcool).

O incremento à produção e ao consumo do álcool acarretou maior disponibilidade de certos resíduos, que poluem os locais onde são despejados. Estão neste caso o bagaço, a torta de filtro e a vinhaça. Os maiores problemas são causados por esta última, que em diferentes regiões recebe nomes também diferentes: vinhoto, vinhote, caldas, restilo, tiborna, caxixi ou garapão. Trata-se de um líquido de coloração escura que contém basicamente 93% de água e 7% de sólidos orgânicos e minerais, com altos teores de enxofre, potássio, cálcio e magnésio. Embora não seja tóxico, é corrosivo e tem provocado desequilíbrio ecológico nos locais onde vem sendo descarregado — geralmente cursos d'água —, o que vem estimulando estudos sobre a possibilidade de aproveitá-lo, eliminando-se os seus efeitos nocivos colaterais, atualmente bastante conhecidos.

Para cada litro de álcool, produzem-se entre dez e 14 litros de vinhaça, cuja composição química varia bastante em função da qualidade da cana-de-açúcar, das etapas de fermentação, do sistema de destilação utilizado, de outros fatores industriais e do clima. Além disso, do tipo de álcool a ser obtido depende também a quantidade final desse resíduo. Quanto maior for a eficiência do processo fermentativo, menor será o volume de vinhaça, cujo despejo em corpos d'água superficiais é de todo indesejável. Rica em fontes de energia (açúcares, proteínas e outros nutrientes), ela fornece alimento a microorganismos. Ao se multiplicarem, eles aumentam a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), retirando da água maior quantidade deste elemento e dificultando a sobrevivência de outros organismos, como peixes e crustáceos, que acabam morrendo. Por isso, a monitoração da DBO é útil à determinação da poluição das águas.

foto cedida pela autora



Distribuição de vinhaça com caminhões em área cultivada com cana-de-açúcar.

Uma usina que produza 500 mil litros de vinhaça por dia provoca poluição equivalente aos esgotos de uma cidade com uma população de 167 mil habitantes. Não surpreende, portanto, a frequência de acidentes ecológicos produzidos pelo despejo direto ou indireto daquele material em cursos d'água. Até 1951, toda a legislação relativa à poluição das águas consistia no artigo 16 do Código de Pesca, que tratava exclusivamente do despejo de óleos residuais das caldeiras dos navios no mar. Uma longa luta foi necessária para que as autoridades reconhecessem a necessidade de combater a poluição fluvial, determinada sobretudo pelas atividades industriais e pelo crescimento urbano. Isso se deu, em São Paulo, com a lei estadual nº 2.182, reforçada depois pela lei nº 3.082, de 1955.

Em novembro de 1978 a Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema) publicou a portaria nº 323, proibindo o lançamento direto ou indireto de vinhaça em qualquer reserva hídrica. A existência de leis, no entanto, como sempre acontece, não resolveu o problema, para o qual passaram

a ser buscadas soluções tecnológicas. Verificou-se por exemplo que, a partir da vinhaça, é possível recuperar leveduras (fermentos) utilizadas na produção do álcool. Elas podem servir como fonte de proteína microbiana para rações animais, ou mesmo na alimentação humana. Outras leveduras dos gêneros *Candida*, *Rhodotorula* e *Torula* demonstraram capacidade de se desenvolver na vinhaça e poderão ser usadas com as mesmas finalidades; outras, ainda, foram propostas para uso na piscicultura intensiva e na alimentação do gado. Os cultivos têm sido realizados em meios de cultura que contêm vinhaça, com ou sem tratamento prévio. Testam-se também os resultados da adição de outras fontes nutricionais em que a vinhaça é deficiente, principalmente nitrogênio e fósforo, elementos necessários para a obtenção de maior crescimento dos microorganismos.

As bactérias (entre elas os actinomicetos, as fotossintéticas e as fixadoras de nitrogênio) e os fungos filamentosos apresentaram alto índice de crescimento em meio de cultura que continha vinhaça. Nem sempre ►

**CONTA**

**REMUNERADA**

**REMUNERADA**

**REMUNERADA**

**REMUNERADA**

**REMUNERADA**

**REMUNERADA**

**REMUNERADA**

**REMUNERADA**

**TODO DIA, DINHEIRO A MAIS NA SUA CONTA.**

Quem tem Cheque Especial da Nossa Caixa já tem Conta Remunerada, e está ganhando além da conta. A Conta Remunerada da Nossa Caixa é automática: você não precisa avisar quando vai sacar ou depositar. Basta ir movimentando e o seu saldo cresce dia e noite. Leve o lucro em conta, e abra uma Conta Remunerada na Nossa Caixa. **O Nosso Banco.**



oco. redução da DBO, o que indica que tais processos não diminuíram o efeito poluidor desse resíduo. Os resultados, no entanto, serviram para demonstrar que a vinhaça pode substituir com eficiência meios de cultura de alto custo, usualmente utilizados nos laboratórios de microbiologia, diminuindo os gastos com os experimentos, principalmente no caso daqueles que tratam do crescimento de fungos filamentosos e de algumas leveduras. O cultivo misto de *Aspergillus niger*, fungo produtor de ácido cítrico, com *Cryptococcus laurentii* apresentou, em meio à vinhaça, biomassa com alto teor protéico, grande consumo de açúcar total, redução da DBO e uma composição satisfatória de aminoácidos, quando comparada com a caseína, proteína recomendada pela FAO, órgão das Nações Unidas para agricultura e alimentação.

Outra proposta é o tratamento anaeróbio (sem consumo de oxigênio) da vinhaça. Porém, essa via não tem sido eficiente em termos energéticos e também não resolveu completamente, até agora, o problema da poluição. Foi sugerido que o efluente resultante da digestão anaeróbia passe ainda por um processo aeróbio, sendo colocado em lagoas de assentamento ou em bacias de acumulação para posterior utilização no solo.

A vinhaça pode sofrer evaporação em destiladores apropriados para concentração de resíduos líquidos, a volume viável, ou seja, dois litros de resíduo por dois litros de álcool produzidos, sem gastos de ener-

gia adicional ou combustão. O xarope obtido no final da operação é aproveitável na alimentação animal ou como fertilizante. Por ser este um produto mais estável, seu transporte torna-se econômico. No entanto, o xarope que se conseguiu obter até agora, quando usado no solo, ainda queima a folhagem, causa odor desagradável e atrai insetos causadores de doenças.

Para promover a remoção total dos efeitos poluidores, alguns pesquisadores propõem a evaporação da vinhaça, seguida de combustão. Mas, na prática, essa proposta se torna difícil, diante da necessidade de recuperar a energia do calor, desprezando as cinzas fundidas, sem valor, que têm aspecto semelhante a resíduos de carvão. A justificativa para que este processo continue sendo pesquisado é seu rendimento em toneladas/hora de óxido de potássio para usinas que produzem 600 mil litros de álcool por dia.

**E**mbara apresentem certa eficiência, os tratamentos mencionados não atendem ao volume de vinhaça produzido anualmente pelas indústrias nacionais, decorrente da produção de álcool, que em 1987/88 atingiu 13,2 milhões de metros cúbicos. Para evitar o lançamento do resíduo em cursos d'água, a lei exige a construção das chamadas áreas de sacrifício ou bacias de acumulação, que se destinam ao armazenamento da vinhaça. Entretanto, mesmo antes do Proálcool já se conhecia o problema decorrente dessas lagoas, que se constituem em verdadeiros criadouros de inse-

tos nocivos à saúde pública. Isso é visível no aumento de moscas varejeiras nas áreas das usinas e nas cidades próximas.

Essas lagoas deveriam evitar ou eliminar a poluição dos corpos d'água superficiais, mas muitas vezes aumentam a poluição das águas subterrâneas, de forma localizada ou dispersa. É um fenômeno da maior gravidade, uma vez que, diante da contaminação das águas superficiais, os lençóis subterrâneos têm sido usados para atender a demanda das cidades. Após a estiagem, quando ocorrem as primeiras chuvas, acelera-se o processo de nitrificação (transformação de amônia em nitratos) do solo, o que provoca maior acúmulo de nitratos nos lençóis freáticos, trazidos pela água das chuvas (processo de lixiviação vertical). Portanto, essas lagoas também não solucionam o problema da poluição das águas subterrâneas e superficiais pela vinhaça.

A fonte da poluição localizada seria o lançamento de vinhaça no solo em doses superiores a 100 m<sup>3</sup> por hectare. Os efeitos desse procedimento dependem da interação de vários fatores. Em cultura de cana-de-açúcar foram constatados aumentos da produtividade, do pH, da embebição do solo, da capacidade de troca catiônica (tornando os nutrientes mais disponíveis para as plantas), da soma de bases, da pressão osmótica e dos sais solúveis. Mas, quando adicionada ao solo sem controle, a vinhaça pode afetar o crescimento das plantas. Além disso, causa dispersão das partículas coloidais, fenômeno que leva ao empobrecimento e à diminuição do espaço poroso do solo, por causa do arrastamento, pela chuva, de sua fração mais ativa para camadas mais profundas, com a formação de crostas superficiais.

A distribuição da vinhaça nas áreas de aplicação é feita por meio de caminhões-tanque, canais de irrigação, tubulações ou outros recursos. A quantidade a ser aplicada depende da composição da vinhaça e do próprio solo. Estudos mais antigos citam doses que variam de 40 metros cúbicos por hectare a até 1.000 m<sup>3</sup>/ha. Há autores que consideram 400 m<sup>3</sup>/ha como a dose mais econômica. A aplicação de 800 m<sup>3</sup>/ha acarretou redução de 50% na germinação de milho e prejudicou os pastos.

A aplicação da vinhaça ao solo cultivado com cana-de-açúcar vem sendo estudada sob o seu aspecto agrônomico. São escassos, porém, os estudos sobre ecologia dos microorganismos do solo e sobre os efeitos causados pela vinhaça na estrutura local da comunidade microbiana. O conhe-

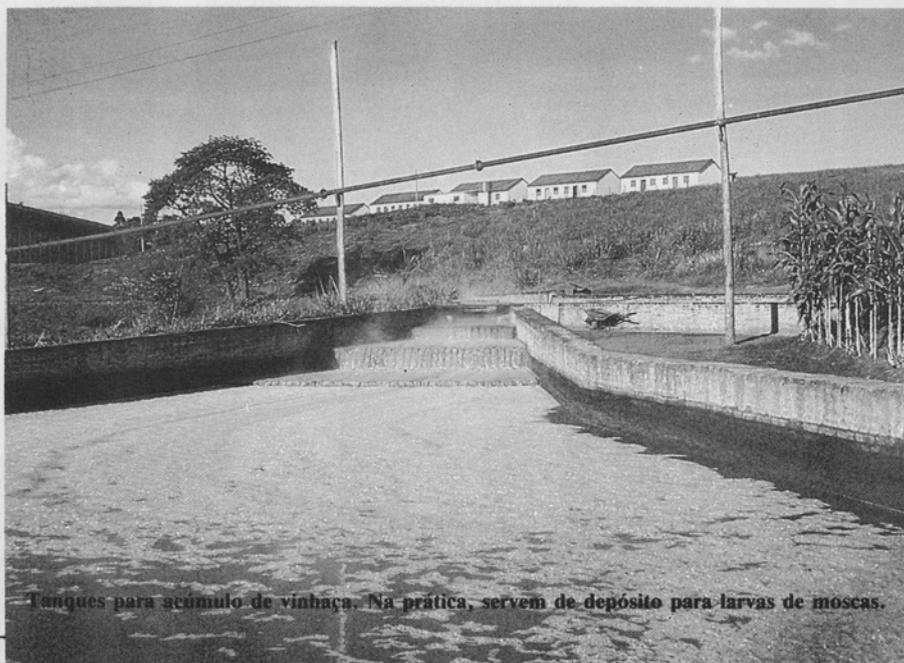


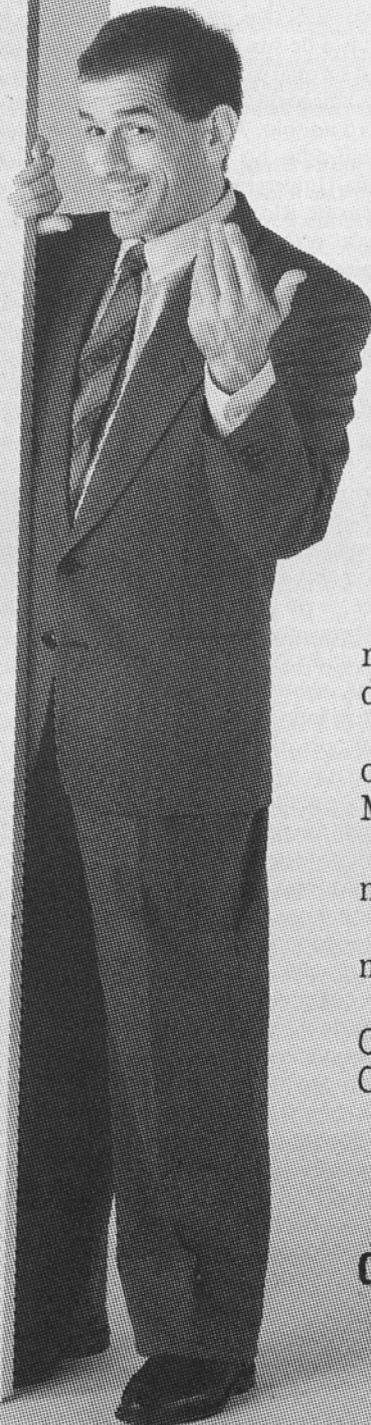
foto cedida pela autora

Tanques para acúmulo de vinhaça. Na prática, servem de depósito para larvas de moscas.

# Pra que se arriscar por aí?

## Caderneta da Caixa

**CAIXA ECONÔMICA FEDERAL**



Por que se aventurar aí fora nessa selva de cálculos?

Dividir... Multiplicar... OTN, IPC, BTN, MVR, LFT...

A segurança está na Caderneta da Caixa.

Aqui você não perde nunca.

Essa é a palavra da Caixa. E a Caixa é a Caixa.

**Vem pra  
segurança  
da Caixa você  
também.  
Vem.**

cimento desses efeitos tornará possível a realização de melhores estudos de impacto ambiental (EIA) e seus respectivos relatórios (Rimas). É importante evidenciar, porém, que a adição indiscriminada da vinhaça ao solo, sem conhecimento da dosagem adequada e das conseqüências, pode ocasionar desastres ecológicos.

É grande o interesse em conhecer-se o papel dos microorganismos na recuperação e conservação do solo. Eles têm sido estudados do ponto de vista de sua atividade, diversidade, variação sazonal e medidas de biomassa, quando da adição de vinhaça pura ou da torta de filtro no solo. Atividades interdisciplinares realizadas no Departamento de Ecologia da Universidade Estadual Paulista, *campus* de Rio Claro, têm produzido informações a respeito da função e da estrutura microbiana do solo tratado com esses resíduos. Os resultados desses estudos poderão servir para que se estabeleçam técnicas de manejo mais adequadas e seguras.

Para verificar o efeito da vinhaça sobre microorganismos do solo foi escolhida uma área de cerrado, passível de comportar alguns controles experimentais inadequados às áreas cultivadas. Em 1980, em solo tratado com doses cumulativas de vinhaça, iniciaram-se estudos sobre o conjunto de microorganismos que vivem sob vegetação de cerrado. Nos dois primeiros anos em que o resíduo foi adicionado (20 litros/m<sup>2</sup>/ano) observou-se que, até uma profundidade de 15 centímetros, houve aumento no número de fungos, do pH, da capacidade de retenção de água e dos teores de potássio, cálcio, manganês e óxido de fósforo. Ocorreu diminuição de alumínio e de actinomicetos. Para muitos desses parâmetros o efeito foi temporário, mas tal não foi o caso do número de fungos e dos teores de potássio, que permaneceram mais altos e por mais tempo em relação ao solo testemunha (usado para comparação).

Até antes da quinta dose anual de vinhaça (junho de 1985) houve manutenção do efeito sobre a matéria orgânica, inclusive no que diz respeito ao número de bactérias e de actinomicetos. Porém, depois esse fenômeno não ocorreu mais. Houve acréscimo do pH, do potássio (K<sup>+</sup>), do cálcio (Ca<sup>2+</sup>), do magnésio (Mg<sup>+</sup>), do fósforo, do nitrogênio total, do manejo de fungos e das atividades das enzimas amilase, celulase, invertase e urease (estas duas últimas somente até antes da quinta adição anual da vinhaça). Os teores de alumínio (Al<sup>3+</sup>) decresceram.

O resíduo alterou significativamente os números de bactérias nítricas, nitrosas e assimbióticas fixadoras de nitrogênio. Quanto à atividade fosfatásica, cinco de suas funções foram parcialmente inibidas no solo sob cerrado, algumas delas pelo processo de imobilização. Houve também alterações nos teores de ácidos húmicos e fúlvicos do solo, com fortes correlações com os fungos e os actinomicetos. Decresceu o número de leveduras (que também são fungos) presentes até uma profundidade de 15 centímetros em solo tratado com doses cumulativas de vinhaça. Este resíduo acarreta diminuição da velocidade de decomposição das folhas de *Ocotea pulchella*, promovendo nelas maior retenção de cálcio, fósforo e magnésio.

A vinhaça alterou muitas correlações dos parâmetros estudados no solo tratado, em relação àquelas do solo sem tratamento. Conseqüentemente, mudaram os mecanismos de ciclagem de nutrientes na área de cerrado. Apesar de ter alterado a diversidade dos gêneros no solo dessa área, não houve mudanças na sucessão fúngica durante o processo de decomposição das folhas de *Ocotea pulchella* colocadas na superfície do solo.

Em cultura de cana-de-açúcar no município de Rio Claro, tratada com doses cumulativas do resíduo após quatro anos, constatou-se acréscimo apenas da atividade da amilase e do número de microorganismos capazes de utilizar sacarose como única fonte de carbono. Melhores resultados foram obtidos quando, à vinhaça, acrescentou-se suplemento de amônia e/ou torta de filtro. Outra cultura estudada foi a do milho, plantado em áreas canavieiras no período de renovação da cana-de-açúcar. Observou-se que a vinhaça acarretou aumento do pH e dos números de bactérias, de actinomicetos e dos microorganismos capazes de utilizar amido como única fonte de carbono. Ao contrário da experiência anterior, houve acréscimo da atividade amilásica. Note-se, no entanto, que nessa área foi usada dose única de vinhaça.

Em solo tratado com vinhaça, as raízes da cana-de-açúcar apresentaram maior quantidade de micorrizas (simbiose de fungos com vegetais), talvez em decorrência do aumento do número de microorganismos telúricos. Em solos não tratados, raízes de plantas raramente apresentaram micorrizas — e, quando estas apareceram, eram periféricas. Mas, nos solos que receberam doses cumulativas do resíduo, as micorrizas

foto cedida pela autora



Parcela da cultura de milho, onde a vinhaça foi aplicada como fertilizante.

se desenvolveram menos do que no solo testemunha. No caso do milho, as raízes desenvolvidas em presença da vinhaça mostraram, quanto à infecção, resultados semelhantes às que receberam adubação mineral. As raízes das plantas do solo testemunha, por sua vez, apresentaram desde o início um bom desenvolvimento micorrízico, que superou o dos solos adubados.

Considerar a vinhaça como resíduo ou como subproduto do álcool depende do volume produzido e das condições disponíveis em cada região para sua utilização. Muitas propostas seriam viáveis para apoiar a pequena produção agrícola. Nos solos cultivados, os estudos demonstraram que doses cumulativas alteram muito, quantitativa e qualitativamente, os organismos presentes no solo, além de facilitar a poluição das águas subterrâneas. Diante disso, sem dúvida um controle local da produção de álcool se faz necessário, além de um maior incremento à pesquisa que tenha por objetivo encontrar um tratamento adequado para tornar a vinhaça um insumo produtivo. Nossos estudos, iniciados há nove anos, ainda estão sendo desenvolvidos, com a colaboração dos professores Mário Sérgio Palma e Lilian Isolda Thomazini, de estudantes de graduação e pós-graduação, de técnicos e de trabalhadores braçais.

## Sâmia Maria Tauk

Departamento de Ecologia,  
Universidade Estadual Paulista

Jornal dos Anos 90

# REVISTA EM TERCEIRA DIMENSÃO MOSTRA O QUE HÁ POR TRÁS DO SORRISO DA CANTORA POP.

As idéias de ficção já estão tão incorporadas em nossa vida que é até mesmo possível dizer que o futuro chegou. Um bom trecho desta viagem do tempo foi conseguido graças à **Hoechst High Chem**, uma avançada tecnologia de ponta que traz do amanhã as soluções para as necessidades de hoje nas áreas da saúde, alimentação, comunicação, transporte, habitação, vestuário, lazer, energia e proteção ambiental.

No campo da comunicação, por exemplo, **Hoechst High Chem** contribui com chapas e pigmentos para tintas de impressão, produtos para a fabricação do papel, matérias-primas para a produção de chips, microfilmes, fitas de computador e vídeo, e plásticos para fibras óticas, que garantem, além da transmissão de informações cada vez mais rápida, uma armazenagem perfeita e segura.

**Hoechst High Chem** é resultado do incessante trabalho em pesquisa da Hoechst. Uma indústria química que lê o futuro para escrever a história do homem desta década.

Química a serviço da vida.



CIRANDA DA CIÊNCIA

Um projeto Hoechst,  
Funbec e Fundação Roberto Marinho  
que estimula a pesquisa entre os jovens.

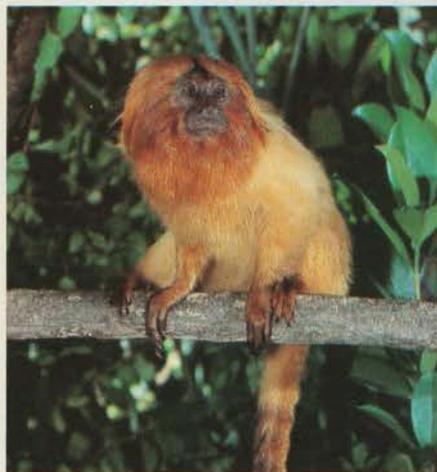
Para maiores informações, escreva à:  
Hoechst do Brasil Química e Farmacêutica S.A.  
C.P. 7333 - 01051 - São Paulo - SP

**Hoechst**

## SALVAMENTO OU CONSERVAÇÃO?

Um paradoxo que se coloca hoje para os conservacionistas é o que opõe salvamento de animais a conservação de espécies. Quando as empresas do setor energético se empenham em resgatar dezenas ou centenas de milhares de animais de áreas a serem inundadas para a construção de usinas hidrelétricas — e há, no momento, diversas nessa situação no país — elas estariam na verdade trabalhando contra a sobrevivência das espécies salvas da água e da morte por afogamento, pois serão dramáticas as condições de competição nos novos ambientes em que tais espécies serão introduzidas.

A operação de salvamento da usina hidrelétrica de Tucuruí, por exemplo, resgatou cerca de 300 mil animais, que posteriormente foram soltos nas áreas adjacentes ao reservatório. Não são necessários muitos conhecimentos de dinâmica de populações e de princípios básicos de ecologia para que se possa prever o malogro da empreitada, no que diz respeito a seus resultados. Quanto ao seu efeito como 'espetáculo', foi sem dúvida grande a repercussão junto ao público. 'Que fazer com os animais resgatados?' — é a pergunta que se coloca então.



O setor elétrico tem que conviver com as operações de salvamento, que se tornaram uma exigência para aprovação de seus projetos. No entanto, embora as concessionárias de energia tenham procurado envolver a comunidade científica, através de convênios com instituições, universidades e museus, alguns pesquisadores já começam a questionar o modo como têm se verificado as operações de resgate e o destino da

fauna resgatada. Eles advertem que a introdução de populações animais em um determinado sistema ambiental pode desestabilizar seus mecanismos de auto-regulação e aumentar as competições inter e intra-específicas, quando o número de indivíduos excede a capacidade de suporte apresentada pelo ambiente (ver 'Destinos da fauna de Balbina', em *Ciência Hoje* n.º 31, p. 76; e 'Salvamento ou massacre?', em *Ciência Hoje* n.º 46, p. 64).

cias ou uma satisfação inconsequente à opinião pública e se tornem um compromisso com a proteção de espécimes atingidos pelos empreendimentos energéticos, várias propostas são viáveis. Uma delas é a criação de centros regionais em domínios morfoclimáticos e fitogeográficos representativos das regiões brasileiras, capacitados para recebimento, tratamento, guarda, triagem e distribuição dos exemplares resgatados nas operações de salvamento rea-



Mico-leão-dourado, preguiça e outras espécies: resgatados para a morte ou sobrevivência?

O estudo que visa ao aproveitamento hidrelétrico de um curso d'água demanda um longo período de tempo. Em muitos casos, da fase de inventário hidroenergético até o projeto de execução da obra são necessários mais de dez anos. Existem inúmeros projetos hidrelétricos em planejamento e em fase de estudos, e muitos deles vão se instalar — como foi o caso de Tucuruí e Balbina — em bacias hidrográficas nas quais as condições naturais pouco foram alteradas pela ação do homem. Nessas bacias, localizadas principalmente na região Norte e Centro-Oeste, onde o processo de ocupação é recente, é que as operações de salvamento da fauna atingem a cifra de muitos milhares de animais, entre mamíferos, aves, répteis, anfíbios e artrópodos.

Para que essas operações deixem de ser apenas um mero cumprimento de exigên-

lizadas pelo setor elétrico. Esses centros seriam viabilizados e operacionalizados por meio de convênios do setor elétrico com as instituições dos setores de meio ambiente e pesquisa, uma vez que garantiriam uma possibilidade ímpar para o desenvolvimento de pesquisa básica em diversas áreas, como manejo de espécies, genética e outras.

Perto de Manaus já existe um centro de estudos da fauna amazônica, que poderia ser ativado com esse objetivo. É o Centro Experimental de Criação de Animais Silvestres (Cecam), que era subordinado ao recém-extinto Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Centros desse tipo teriam também a incumbência de distribuir os animais salvos para unidades de conservação e propriedades particulares, centros de pesquisa, jardins zoológicos. Os centros de estudos seriam servidos por um banco de dados sobre a situação faunística de par-

ques, reservas e estações ecológicas do país, banco este também viabilizado por meio de convênios com universidades, às quais oferecerá condições vantajosas para pesquisas sobre dinâmica de populações, ecologia de comunidades, suporte ambiental, atividades de caça e captura de animais, modificações das condições de hábitat.

Alternativa também viável seria conseguir a colaboração de proprietários rurais. No Rio de Janeiro, essa prática já vem acontecendo: casais de mico-leão-dourado têm sido instalados em áreas preservadas em propriedades particulares, cujos donos assumem o compromisso de manter essas matas e dar guarda aos animais. Uma seleção prévia permitiria evitar que pessoas inescrupulosas viessem a utilizar os animais de forma indevida.

Pesquisas básicas realizadas nas áreas de conservação indicariam que espécies e em que número poderão ser introduzidas no novo ambiente. Em muitas áreas de conservação, a atividade de caça e captura de animais tem causado déficits populacionais de muitas espécies. É com base nesse fato

que a introdução de grupos animais poderá tornar-se exequível, desde que se conheçam a estrutura ambiental das unidades de conservação e sua capacidade de suporte. Um cadastro de propriedades rurais, de acordo com sua situação biogeográfica, poderia ser organizado divulgando-se nos meios de comunicação uma convocação aos proprietários dispostos a receber e cuidar de exemplares da fauna.

A viabilidade dessas propostas exige articulação entre os diversos órgãos federais e instituições de pesquisa. Exige também — e acima de tudo — determinação na busca de soluções para um problema que sempre acompanhará os empreendimentos do setor elétrico. Não bastam o empenho das equipes de salvamento e a quantidade de recursos empregados nas operações de salvamento, se outras ações complementares estão sendo negligenciadas. A sugestão de que essa fauna tenha destinação científica é sem dúvida motivante, mas não resolve a questão do esgotamento faunístico que já vem ocorrendo em todas as regiões. As medidas compensatórias às perdas ambien-

tais, como a criação de reservas, além de se constituírem numa proposta pertinente — visto que o dano deve ser, de alguma maneira, compensado pelo responsável —, já estão previstas na resolução Conama nº 10, de 3 de dezembro de 1987, que determina como pré-requisito para o licenciamento de obras de grande porte a implantação de estações ecológicas, seja pela própria entidade ou pela empresa responsável pelo empreendimento.

As operações de salvamento não devem ser desestimuladas. Primeiro, porque não é agradável assistir à morte de milhares de animais sem uma tentativa de salvá-los; segundo, porque outras alternativas podem surgir além das mencionadas, capazes de levar a bom termo as operações de resgate. Só é necessário que essas operações deixem de ser um espetáculo para a opinião pública e se tornem um verdadeiro compromisso com a conservação de nosso patrimônio natural.

**Paulo Roberto Ferreira Carneiro**  
Internacional de Engenharia S.A., RJ

# METAL LEVE

Tecnologia e Qualidade  
Presença Internacional

**METAL LEVE**



s.a. indústria e comércio

Rua Brasília Luz, 535 - cep. 04746

Tel. (011) 545.0711 - São Paulo - SP.

## O PARAÍSO NAS REPRESAS POLUÍDAS

As represas brasileiras, além de depósito do esgoto das grandes cidades, estão se transformando em criadouros de mosquitos, podendo servir, indiretamente, à veiculação de doenças graves. O método tradicional de combate aos insetos, baseado na aplicação de inseticidas — o BHC e o DDT principalmente —, tem se revelado ineficaz, motivando a busca de alternativas para a abordagem do problema. Uma dessas alternativas, segundo projeto que vem sendo desenvolvido pelo Centro de Controle de Zoonoses (CCZ) da Prefeitura de São Paulo e pela Eletropaulo, prevê o controle biológico da população de insetos, principalmente os dos gêneros *Culex*, através da introdução do peixe-paráiso (*Macropodus opercularis*) nas bacias hidrográficas do município de São Paulo.

O controle da população de pernilongo, segundo Márcia Jones da Costa, coordenadora do projeto, visa a minimizar o incômodo que esses insetos causam à população e prevenir a veiculação de doenças graves. Embora no município de São Paulo nunca tenha sido registrada a ocorrência de doença transmitida por culicídeos, nada impede, segundo a pesquisadora, que esses insetos venham a desempenhar o papel de vetores de vírus ou bactérias introduzidos no estado. Deve-se considerar também, acrescenta Márcia, que não se atribui às horas mal dormidas e às alergias por picadas de pernilongo a importância real que representam. A tais 'aparentes incômodos', podem ser relacionadas, entre outras consequências, a queda na produtividade e a ocorrência de acidentes de trabalho.

O projeto surgiu da preocupação do Centro de Controle de Zoonoses em desenvolver um método alternativo aos tradicionais, considerados dispendiosos e maléficos ao ambiente. Segundo Márcia, o método químico — privilegiado em relação ao mecânico (aterros, drenagens, canalizações e outros) por seu maior alcance e praticidade —, além dos danos graves ao ambiente, tem se mostrado ineficaz por causa do aparecimento de linhagens de insetos resistentes e de difícil controle sanitário. "Os

mosquitos ou pernilongos, no entanto, desovam e se desenvolvem na água, só a abandonando no estágio adulto, o que permite que seu controle seja eficientemente realizado através da predação por peixes."

Este tipo de controle biológico de mosquitos não é uma idéia nova. Conforme levantamento bibliográfico realizado pelos pesquisadores, pelo menos em duas oportunidades a experiência foi tentada: nos Estados Unidos, com o estudo e introdução do peixe-mosquito (*Gambusia affinis*), uma espécie larvófaga nativa, e no Brasil, através da introdução, inicialmente no Rio de Janeiro, do lebiste (*Poecilia reticulata*), originário da América Central. Embora estas espécies pertençam à família *Poeciliidae*, reconhecidamente larvófaga e com vários representantes no Brasil, não foram cogitadas para o projeto em questão, uma vez que não estão adaptadas às condições das "poluídas represas paulistas". O peixe-paráiso, no entanto, possui um par de órgãos respiratórios acessórios, os labirintos, característico da família a que pertence (*Anabantidae* ou *Labirintidae*), que o capacita à sobrevivência em águas com taxas mínimas ou nulas de oxigênio dissolvido. Além disso, ressalta Márcia Jones, o peixe-paráiso apresenta pequenas dimensões (5 a 7 cm de comprimento, quando adulto) e habita a densa vegetação aquática ribeirinha, onde busca seu alimento preferido — larvas de mosquito.

Os ensaios realizados a partir de 1982 na represa Billings têm confirmado o peixe-paráiso como um "forte candidato" ao combate dos mosquitos. Inicialmente, segundo Márcia Jones, foram observados em laboratório os comportamentos alimentar, social e reprodutivo da espécie, bem como realizaram-se experiências sobre os efeitos biológicos de agentes físicos e químicos de

interesse ecológico. Simultaneamente, experimentos em campo testaram, durante nove meses, a capacidade de adaptação da espécie às condições do reservatório. Não houve, durante esse período, fornecimento de alimentos artificiais e os parâmetros físicos e químicos medidos — o potencial hidrogeniônico (pH) e o oxigênio dissolvido (o.d.), entre outros — variaram intensamente. Apesar disso, os peixes-paráiso apresentaram, ao final do experimento, excelente estado. Também nos testes destinados à comprovação da capacidade reprodutiva, Márcia Jones considerou o desempenho da espécie "melhor do que o esperado".

Em todos os experimentos realizados, tentou-se avaliar o quanto a introdução do peixe-paráiso, uma espécie exótica, comprometeria a estrutura do ecossistema. Durante um ano, observou-se o comportamento do peixe-paráiso em relação a espécies (tilápias, carpas, lebistes, guarus, lambaris e sabirus) mais frequentes na represa Billings. Um miniecosistema foi criado e condições de conflito, tais como superpopulação, foram simuladas para averiguar as consequências sobre as espécies presentes. O resultado foi surpreendente: não houve predação, nem dizimação entre as espécies.

Resta saber, no entanto, se o *Macropodus opercularis* corresponderá da mesma maneira em relação à reprodução. A expectativa, segundo os pesquisadores envolvidos no projeto, é que a partir de sua introdução no reservatório — realizada em junho de 1988 — a espécie se reproduza e passe efetivamente a desempenhar o papel de controladora biológica dos insetos.

Vera Rita da Costa  
Ciência Hoje, São Paulo



foto Nyrad Menzen

O peixe-paráiso (*Macropodus opercularis*) pode ser encontrado entre a vegetação aquática e ribeirinha, local preferencialmente procurado para a oviposição de pernilongos.



# LIQUIFLEX H

## Tecnologia com consciência.

PoliButadieno Líquido Hidroxilado - PBLH.  
Traduzindo: TECNOLOGIA.

O LIQUIFLEX H, nome comercial do PoliButadieno Líquido Hidroxilado, é química fina com processo desenvolvido totalmente no Brasil pelo Centro de Pesquisas da PETROBRÁS - o CENPES. Em escala industrial, o LIQUIFLEX H é produzido pela PETROFLEX. Isto constitui uma verdadeira integração tecnológica.

Matéria-prima essencial ao programa aero-espacial brasileiro, como propelente, o LIQUIFLEX H está presente na fabricação de inúmeros produtos, responsáveis por milhões de dólares de contratos de exportação, firmados pela indústria nacional. O LIQUIFLEX H já é utilizado com sucesso em asfaltos elastoméricos, "mastics" asfálticos, revestimento de cilindros de máquinas de papel e em encapsulamento de cabos e componentes eletrônicos.

Para que o progresso e a natureza possam conviver com mais tranquilidade, o LIQUIFLEX H é também empregado em membranas asfálticas impermeabilizantes, anti-abrasivas e anti-corrosivas, ideais para revestimento de reservatórios, poços, piscinas, lagoas e tanques para produtos químicos em solução aquosa.

E a PETROFLEX e o CENPES não param aí. Novos usos e produtos estão sendo constantemente pesquisados. Para que o progresso seja feito e a natureza preservada.

Com tecnologia, com consciência.



PETROFLEX Indústria e Comércio S.A.  
Gerência Comercial - Av. Paulista n° 2073 - 22º andar  
Conjunto Nacional - Ed. Horsa II - CEP 01311  
São Paulo - SP - Brasil - Tel.: (011)283-1933  
Telex: (011) 30633 UICB e (011) 38309 UICB

A PETROFLEX também oferece os seguintes produtos:  
PETROFLEX SBR-1500, 1502, 1712, 1721 e 1778. PETROLÁTEX S-42, S-62 e  
PETROLÁTEX CATIONICO - PETROPLAST A, NM, e NML  
ESTIRENO, ENXOFRE E ETIL-BENZENO

## PATENTES, SIM OU NÃO?

**N**a esteira do dissenso acerca da patenteabilidade dos produtos e processos para a indústria farmacêutica e alimentícia e as costumeiras ameaças de retaliação, inicia-se agora o *round* da biotecnologia. Evidentemente, uma se relaciona com a outra. Elaborados pelo *lobby* das grandes empresas transnacionais, começam a circular entre pesquisadores e políticos documentos em inglês, tentando convencer uns e outros da conveniência da adoção, no Brasil, das patentes nessas áreas.

Antes de mais nada, é oportuno salientar que o Brasil é livre e soberano para decidir se concede patente para isso ou aquilo. A exclusão da patenteabilidade em certos ramos industriais compete a cada país e tal decisão não fere o direito internacional. A Convenção de Paris para a Proteção da Propriedade Industrial somente nos obriga ao princípio denominado 'tratamento nacional'. Ou seja, o que for patenteável para o brasileiro deverá também ser patenteável para o estrangeiro, cidadão de país signatário da Convenção de Paris. Assim, a acusação de pirataria é pura balela, pois se produtos e processos farmacêuticos não são patenteáveis tanto para brasileiro, como para estrangeiro, nosso compromisso internacional está cumprido à risca. Essa exclusão da patenteabilidade nesses ramos industriais também é constitucional, face ao novo texto da Constituição de 1988.

As patentes foram idealizadas para promover o progresso industrial de cada país, segundo suas conveniências. Não para entrar esse progresso. Resta, assim, saber se são convenientes, aqui e agora, para atingir esse fim.

Alega-se, no entanto, que embora a exclusão da patenteabilidade não fira nem o direito internacional, nem a Constituição, feriria a ética. Ou seja, as patentes representariam uma forma de premiar o esforço criativo dos pesquisadores e de reconhecer sua autoria. Caso contrário, se estaria usurpando um e deixando de reconhecer a outra. Se fosse só por isso, bastaria que se adotasse no Brasil o certificado de autoria de invenção, criação do direito soviético de 1919. Por meio desse sistema, o Estado reconhece o autor da invenção e lhe confere um prêmio, consistente em uma remuneração proporcional ao sucesso do uso industrial da invenção.

Respondem os detratores desse sistema que ele só é eficaz numa economia socia-

lista, pois num Estado capitalista é necessário o monopólio decorrente das patentes, o qual permitiria o surgimento de uma nova indústria, sem ter de enfrentar, durante certo prazo, a concorrência.

Muito bem. Reconheço como válido o argumento. Uma pequena empresa brasileira, explorada por um cientista que chegou a uma notável descoberta ou invenção, seria extremamente beneficiada pelo fato de ter uma patente que lhe garantisse monopólio durante um certo prazo. Só que, em virtude dos compromissos internacionais do Brasil, conceder uma patente a essa empresa implicaria conceder milhares de outras patentes às empresas estrangeiras concorrentes. E o nosso cientista, em pouco tempo, teria de fechar a sua pequena empresa, por não poder operar sem infringir patentes de terceiros.

Respondem os defensores desse sistema que estas patentes, concedidas aos estrangeiros, propiciariam a transferência de tecnologia, os investimentos estrangeiros no país e a produção de novos bens, úteis ao consumidor nacional. Seria assim?

Vejamos a experiência que temos, desde remoto passado, quanto às patentes de mecânica, eletrônica e outras. Uma empresa estrangeira deposita um pedido de patente em seu país de origem. Pelo artigo 4º da Convenção de Paris, tem 12 meses para solicitar a mesma patente no Brasil, reivindicando a prioridade do país de origem. Deposita ela o seu pedido no início desse prazo? Nunca! Bem sabem os advogados de patentes que esse pedido no Brasil sempre é feito no 12º mês. Muito bem. Dezoito meses depois da data da prioridade, o pedido brasileiro é publicado, conforme o artigo 18 do Código de Propriedade Industrial brasileiro (embora esse prazo pudesse ser reduzido pelo pagamento de uma taxa de antecipação de publicação). Da data da publicação, se inicia o prazo de dois anos para ser solicitado o exame técnico do pedido. Esse exame é solicitado no início do prazo? Não! No fim do prazo é paga a taxa de exame. Vai o processo, então, para a mesa de um examinador. Ele leva cerca de 18 meses para executar seu trabalho. Só então a patente é concedida. Passaram-se cerca de cinco ou seis anos. Da data da expedição se inicia um prazo de quatro anos para a invenção ser explorada no Brasil, pelo titular da patente ou por um licenciado. Surge um licenciado? Não! A empresa es-

trangeira se apresenta para industrializar o invento no Brasil? Não!

Conclusão: dez anos de monopólio sem transferência de tecnologia, sem investimentos no país e sem produto no mercado. O que é isso, senão uma reserva de mercado, tão criticada pelos Estados Unidos quando nós instituímos uma reserva em favor de uma indústria nascente, de acordo com as regras do Acordo Geral de Tarifas e Comércio (GATT)?

É essa experiência passada que autores do *lobby* das grandes indústrias nos apresentam para nos convencer que devemos dar patentes para a indústria farmacêutica e para a biotecnologia? Não somos mais tão ingênuos quanto foi dom Pedro II quando subscreveu a Convenção de Paris.

Faço uma proposta séria. É a seguinte. Vamos dar patentes para a indústria farmacêutica, alimentícia e biotecnológica. Da forma a seguir descrita. O centro de pesquisa estrangeiro, que gastou milhões de dólares em pesquisa no 'interesse da humanidade', deposita o pedido de patente em seu país. Doze meses depois, na forma da Convenção de Paris, solicita aqui sua patente. O governo brasileiro, através do Instituto Nacional de Patentes Industriais (Inpi), concede imediatamente a patente (com o direito de cancelá-la, por falta de novidade, nos dois anos que se seguem). Desencadeia-se de imediato o prazo de quatro anos para a caducidade por falta de exploração. Nesse prazo, deve a empresa estrangeira, ou dar uma licença a uma empresa brasileira, ou aqui instalar-se, em *joint-venture* com empresa brasileira de capital nacional (artigo 171 da Constituição). Ou então a patente caduca por falta de exploração.

Daí teremos, sem dúvida, transferência de tecnologia, investimento estrangeiro e produto no mercado. Evidentemente, o prazo de tais patentes deveria ser de sete anos, contados da concessão. Era este o prazo, nas corporações de ofício, para o aprendiz se tornar mestre artesão.

Que tal a proposta? Se as multinacionais, que tanto gastam para financiar esse *lobby*, estiverem de acordo, mostrarão que estão de boa-fé e ficaremos, nós e eles, todos felizes para sempre...

**Newton Silveira**

Faculdade de Direito,  
Universidade de São Paulo

NOS ÚLTIMOS  
CINCO ANOS A CIÊNCIA GANHOU  
MAIS VIDA E COR.

**GLOBO**  
**CIÊNCIA**

SÁBADOS: 7:30 DA MANHÃ, REDE GLOBO  
DOMINGOS: 4 DA TARDE, TVs EDUCATIVAS

Informações sobre a programação: Telefone (021) 273-2490 ou Caixa Postal 13111 - CEP 20260 - RJ

REALIZAÇÃO:



PRODUÇÃO:

**VIDEOCIÊNCIA**

APOIO:



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, tels.: (021) 295-4846, 295-4442, 275-8795. Telex: (021) 36952.

**Editores:** Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica, UFRJ), Ennio Candotti (Instituto de Física, UFRJ), Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CNPq), Roberto Lent (Instituto de Biofísica, UFRJ), Otávio Velho (Museu Nacional, UFRJ); César Queiroz Benjamim (editor associado); Cilene Vieira (editora associada); Ary Sergio Ramon (editor convidado).

**Conselho Editorial:** Alzira Abreu (Centro de Pesquisa e Documentação em História Contemporânea do Brasil, FGV), Ângelo Barbosa Machado (Instituto de Ciências Biológicas, UFMG), Erney P. Camargo (Instituto de Ciências Biológicas, USP), Isaac Kerstenetzky (Departamento de História, PUC/RJ), José C. Maia (Instituto de Química, USP), José Murilo de Carvalho (Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro), Luis Rodolpho R. Travassos (Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia, EPM), Sergio Henrique Ferreira (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP), Sergio Miceli (Departamento de Sociologia, Unicamp), Silvano Santiago (Departamento de Letras, PUC/RJ).

**Secretaria de Redação:** Alicia Palacios (secretária), Cláudio Costa Carvalho.

**Edição de Texto:** Maria Ignez Duque Estrada (editora de texto), Regina Ferreira (revisora).

**Jornalismo:** Alicia Ivanishevich, Luisa Massarani, Sergio Portella.

**Edição de Arte:** Patricia Galliez de Salles (diretora de arte), Lillian de Abreu Mota (assistente de direção), Christiane Abbade e Denise Arnizau de Mattos (diagramadoras), Selma Azevedo (desenhista e arte-finalista), Marta Rodrigues (arte-finalista).

**Administração:** Elsa M. Roberto Parreira e Sônia M. de Mendonça Corrêa (gerentes), Neuzia Maria de Oliveira Soares, Carlos A. Kessler Filho, Edson Raposo Pinheiro, Lucia H. Rodrigues, Pedro Paulo de Souza, Carmen Lúcia Gonçalves Leal.

**Assinatura, Circulação e Expedição:** Adalgisa M. S. Bahri (gerente), Reinaldo Guarany Simões (assistente de divulgação), Paulo Henrique G. Fonseca (programador), Moisés V. dos Santos (chefe de expedição), Valéria Cristina de Araújo Alves (secretária jr.), Luciene dos Santos Azevedo (aux. de escritório), Carlos Henrique C. Maurity, Daniel Vieira dos Santos, Delson Freitas, Janair do Nascimento Fonseca, José A. Vianna, José Correia da Silva, Marly Onorato, Maria do Rosário, Manoel Antonio Grozima Aguiar, Ricardo Francisco Alves, Valmir Narciso Vidal. Tel.: (021) 270-0548.

**Departamento Comercial:** Álvaro Roberto S. Moraes (gerente), Irani F. Araújo (secretária).

**Encarte Infantil (bimestral):** Guaracira Gouvêa (coordenadora), Ângela R. Vianna (editora de texto), Gian Calvi (diretor de arte).

**Colaboraram neste número:** Augusto Rodrigues, Cristina Tati e Wilson Racy (ilustração); Luiz Claudio Marigo e Marcos Vinício (fotografia); Elisa Sankuevitz (revisão); Jorge William Nacarí (arte-final); Maria Luiza X. de A. Borges (edição de texto); Ildeu de Castro Moreira (editor).

**Capa:** foto Thomas Eisner e Daniel Aneshansley. Um besouro-bombardeiro efetua um disparo para defender-se.

**Conselho Científico:** Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração, UFRJ), Antônio Barros de Ulhoa Cintra (Hospital das Clínicas, USP), B. Boris Vargaftig (Instituto Pasteur, França), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica, UFRJ), Carlos M. Morel (Fundação Oswaldo Cruz), Carolina Bori (Instituto de Psicologia, USP), Crodovaldo Pavan (Instituto de Biologia, Unicamp), Dalmo Dallari (Faculdade de Direito, USP), Darcy Ribeiro (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, UFRJ), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicobiologia, EPM), Fernando Gallembek (Instituto de Química, Unicamp), Francisco Weffort (Faculdade de Filosofia, USP), Gilberto Velho (Museu Nacional, UFRJ), Herbert Schubart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Herman Lent (Departamento de Biologia, Universidade Santa Ursula), 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, UFFA), Leopoldo Nachbin (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CNPq), Luís de Castro Martins (Laboratório Nacional de Computação Científica, CNPq), Maurício Mattos Peixoto (Academia Brasileira de Ciências), Miguel Covian (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP), H. Moyses Nussenzweig (Departamento de Física, PUC/RJ), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética, UFRP), Oscar Sala (Instituto de Física, USP), Osvaldo Porchat Pereira (Centro de Lógica, Unicamp), Otávio Elisio Alves de Brito (Instituto de Geociências, UFMG), Pedro Malan (Departamento de Economia, PUC/RJ), Ricardo Ferreira (Departamento de Química Fundamental, UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico, USP), Telmo Silva Araújo (Departamento de Engenharia Elétrica, UFPB), Warwick E. Kerr (Departamento de Biologia, UFMA).

**Sucursal Belo Horizonte:** Ângelo B. Machado, Roberto Barros de Carvalho, Marise Souza Muniz e Maria Adelaide Nagem Moreira — Depto. de Zoologia do Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. C. Postal 2486, CEP 31160, tel.: (031) 443-5346.

**Sucursal Brasília:** Maria Lúcia Maciel, Luiz Martins — Depto. de Sociologia, UnB — ICC — Ala Centro — Campus Universitário — 70910 — Brasília, tel.: (061) 273-6571.

**Sucursal Curitiba:** Glaci Zancan, Myriam Regina Del Vecchio de Lima — Travessa Alfredo Bufren, 140, subsolo, CEP 80020, tel.: (041) 233-8619.

**Sucursal Florianópolis:** Walter Celso Lima, Vania Aparecida Mattoso — UFSC, Caixa Postal, 476, CEP 88049, tels.: (0482) 33-9594, telex: (0482) 240.

**Sucursal Porto Alegre:** Edmundo Kanan Marques, José Secundino da Fonseca — Travessa Luiz Englert, s/nº — Prédio 20 — Sala 09 — Campus Central da UFRGS — CEP 90040, tel.: (0512) 27-5529.

**Sucursal Recife:** Sergio M. Rezende, Marly Sylvia Fonseca Magalhães, Cristina Teixeira V. de Mello (estagiária) — Praça das Cinco Pontas, 321, 1º andar, São José, CEP 50020, tel.: (081) 224-8511.

**Sucursal São Carlos:** José Albertino Rodrigues, José G. Tundisi, Dietrich Schiel, Yvonne P. Mascarenhas, Nelson Studart Filho, Carlos D'Alkaine, Angelo Cesar Piasse — Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural, IFQSC, USP, rua Nove de Julho, 1.227, CEP 13560, tel.: (0162) 72-4600.

**Sucursal São Paulo:** José Carlos C. Maia, Vera Rita de Costa, Wilson Racy Jr., Gláucio Clímério Lobão — Av. Professor Luciano Gualberto, 374 — Antigo Prédio da Reitoria, Cidade Universitária, CEP 05508, tel.: (011) 814-6656 e 813-6944 ramal 446.

**Sucursal Vale do Paraíba:** João Steiner, Fabíola de Oliveira — Av. dos Astronautas, 1.758, Caixa Postal 515, CEP 12201, São José dos Campos (SP), tel.: (0123) 22-9977 ramal 364.

**Correspondente em Buenos Aires:** Revista *Ciencia Hoy*, Corrientes 2835 — Cuerpo A — 5º "A" — (1193) Capital Federal — tel.: (00541) 961-1824 e 962-1330. Neste endereço pode adquirir-se *Ciencia Hoy* (preço sujeito a confirmação). Na sede de *Ciencia Hoy* pode adquirir-se *Ciencia Hoy* por NCz\$ 6,00 ou assinar (6 números) por NCz\$ 30,00.

**Assinaturas:** Brasil (11 números): NCz\$ 60,00. América Latina e África (11 números): US\$ 40,00 (superfície) e US\$ 80,00 (aérea). EUA e Europa (11 números): US\$ 50,00 (superfície) e US\$ 100,00 (aérea). Número atrasado: NCz\$ 6,00.

**ISS-0101-8515. Distribuição em bancas exclusiva em todo o território nacional:** Fernando Chinaglia Distribuidora S.A., Rio de Janeiro. **Composição:** Renart Fotografia Gráfica e Composição Ltda. **Fotolito:** Grafcolor Reproduções Gráficas Ltda. **Impressão:** Bloch Editores S.A. **Para a publicação desta revista contribuíram** o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Ministério da Educação (MEC) e a VITAE Apoio à Cultura, Educação e Promoção Social. *Ciência Hoy* conta também com o apoio cultural do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC).

**Publicidade:** Rudiger Ludemann, Douglas Sampajo Venditti e Jorge Farah, rua Gal. Jardim, 618 — 2º andar — conj. 21, São Paulo, tel.: (011) 259-5399; Rio de Janeiro, tel.: (021) 295-4846, Brasília, tel.: (061) 224-8761



A SBPC — Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência — tem por objetivo contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico do país; promover e facilitar a cooperação entre os pesquisadores; zelar pela manutenção de elevado padrão de ética entre os cientistas; defender os interesses dos cientistas, pelo reconhecimento de sua operosidade, respeito à sua pessoa, liberdade de pesquisa e de opinião, bem como do seu direito aos meios necessários à realização de seu trabalho; lutar pela remoção de empecilhos e incompreensões que embarcam o progresso da ciência; lutar pela efetiva participação da SBPC em questões de política e programas de desenvolvimento científico e tecnológico que atendam aos reais interesses do país; congregar pessoas e instituições interessadas no progresso e na difusão da ciência; apoiar associações que visem a objetivos semelhantes; representar aos poderes públicos ou a entidades particulares, solicitando medidas referentes aos objetivos da Sociedade; incentivar e estimular o interesse do público em relação à ciência e à cultura; e atender a outros objetivos que não colidam com seus estatutos.

**Atividades da SBPC.** A SBPC organiza e promove reuniões anuais durante as quais cientistas, estudantes e professores têm oportunidade de comunicar seus trabalhos e discutir seus projetos de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são expostos e discutidos, com audiência franqueada ao público em geral, que pode participar dos debates. Assuntos das mais variadas áreas do conhecimento são tratados com a participação de entidades e sociedades científicas especializadas.

Fundada em 8 de junho de 1948, a SBPC reúne hoje mais de 20.000 associados, e em suas reuniões apresenta cerca de 2.800 comunicações de trabalhos científicos e realiza 250 mesas-redondas, cursos e conferências. Através de suas secretarias regionais, promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano.

A SBPC edita a revista *Ciência e Cultura*. São publicados suplementos durante as reuniões anuais, contendo os resumos

dos trabalhos científicos apresentados. Além desta revista e de *Ciência Hoje*, a SBPC tem publicado boletins regionais e volumes especiais dedicados a simpósios que organiza periodicamente.

**O corpo de associados.** 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 a revista *Ciência e Cultura* e a obter um preço especial para a assinatura de *Ciência Hoje*. **Sede nacional:** Rua Pedroso de Moraes, 1.512, Pinheiros, S. Paulo, tels.: 211-0495 e 212-0740. **Regionais:** **AC** — Univ. Federal do Acre, Depto. de Ciências da Natureza, BR 364 km 5, tel.: 266-1422 ramal 111 ou 145 (Mauro Luiz Aldridge); **AL** — Univ. Federal de Alagoas — CCBi, Depto. de Biologia — Praça Afrânio Jorge, s/nº — Prado — Maceió (Fábio José Castelo Branco Costa); **AM** — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia — INPA, Alameda Cosme Ferreira, 1.756, tel.: 236-9400 ramal 136 (Adalberto Luis Val); **BA** — Univ. Federal da Bahia, Instituto de Física, Campus Universitário da Federação, tels.: 247-2714 e 247-0646 (Caio Mário Castro Castilho); **CE** — Univ. Federal do Ceará, Centro de Ciências da Saúde, Depto. de Fisiologia e Farmacologia, C. Postal 12155, Benfica, 60.000, Fortaleza — CE, tel.: 227-2420 (Marcus Raimundo Vale); **Curitiba** (seccional) — Univ. Federal do Paraná, Instituto de Bioquímica, C. Postal 939 (Glaci Therezinha Zancan); **DF** — Univ. de Brasília, Instituto Central de Ciências, Bl. A, sobreloja, sala 301, tel.: 273-4780 (João Luís Homem de Carvalho); **ES** — Univ. Federal do Espírito Santo, Depto. de Física, Campus Universitário, tel.: 227-4733 ramal 267 (Klinger Marcos Barbosa Alves); **GO** — Univ. Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Depto. de Fisiologia e Farmacologia, tel.: 261-0333 r. 150 ou 152 (Joaquim Tomé de Souza); **Londrina** (seccional) — Univ. Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Depto. de Biologia Geral, C. Postal 6001, tel.: 27-5151 ramal 247 ou 477 (Ana Odete Santos Vieira); **MA** — Rua Andaraí, 11 Quadra P. S. Francisco, tel.: 222-4338 (Vera Lúcia Rolim Sales);

**MT** — C. Postal 998 (José Domingues de Godói Filho); **MS** — C. Postal 189 (Wilson Ferreira de Melo); **MG** — Rua Piemonte, 590, tel.: 441-2541 (Ewaldo Mello de Carvalho); **PA** — Rua Olaria, Conj. Orquidea, R-1, c/25, tel.: 229-2088 ramal 453 (Oliveira de Faria Galvão); **PB** — Univ. Federal da Paraíba, C. Postal 5023, Cidade Universitária (Henrique Gil da Silva Nunes-maia); **PR** — Univ. Estadual de Maringá, av. Colombo, 3.690, tel.: 22-4242 ramal 313 ou 265 (Ueslei Teodoro); **Pelotas** (seccional) — Univ. Federal de Pelotas, Depto. de Ciências dos Alimentos (José Antônio G. Aleixo); **PE** — Prédio do CNPq, ANE 1º andar, Pç. das Cinco Pontas, 321, S. José, tel.: 224-8511 (Luiz Antônio Marcuschi); **PI** — Rua Prof. Darcy Araújo, 1.639, São Cristóvão, tels.: 232-1212 ou 232-1211 ramal 250 (Manoel Chaves Filho); **RN** — Univ. Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas, Depto. de Informática, Campus Universitário — Natal (Pedro Fernandes Maia); **RS** — Travessa Luiz Englert, s/nº — Prédio 20 — Sala 09 — Campus Central da UFRGS, tel.: 27-5529 (Bazília C. de Souza); **RJ** — Av. Venceslau Brás, 71, fundos, casa 27, tel.: 295-4442 (Carlos Alberto Coimbra); **RO** — Univ. de Rondônia, av. Presidente Dutra, s/nº, tel.: 223-3262 ramal 33 (Sebastião L. dos Santos); **SP** (subárea I) — Univ. de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Depto. de Geografia, C. Postal 8105, tel.: 262-6314 (José Pereira de Queiroz Neto); **SP** (subárea II) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Depto. de Genética, C. Postal 83, Piracicaba, tel.: 33-0011 ramal 125 ou 126 (Geraldino Antonio Tosello); **SP** (subárea III) — Univ. Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, tel.: 22-4000 ramal 229 ou 230 (Samira Miguel Campos de Araújo); **SC** — Univ. Regional de Blumenau, rua Antônio da Veiga, 140, C. Postal 7-E, tel.: 22-8288 ramal 33 (Ivo Marcos Theis); **Santa Maria** (seccional) — Univ. Federal de Santa Maria, Depto. de Física, Campus Universitário, tel.: 226-1616 ramal 2.137 ou 2.455 (Ronald Mota); **SE** — Rua Hemetrio Gouveia, 210, Praia 13 de Julho, tel.: 224-1331 (Maria Helena Santa Cruz).

# A Dataprev adianta o futuro para você não esperar por ele.

A informática, através da Dataprev, agiliza a vida de muitos brasileiros. Sem ela, a Previdência ainda estaria atendendo milhões de beneficiários com métodos ultrapassados.

O Brasil de hoje precisa de uma Previdência Social trabalhando em dia com o futuro.

A Dataprev é o instrumento básico desse processo de modernização da Previdência, melhorando o atendimento através da informática e investindo em tecnologias à frente do nosso tempo.



**PREVIDÊNCIA. MODERNIZAR PARA FUNCIONAR.**



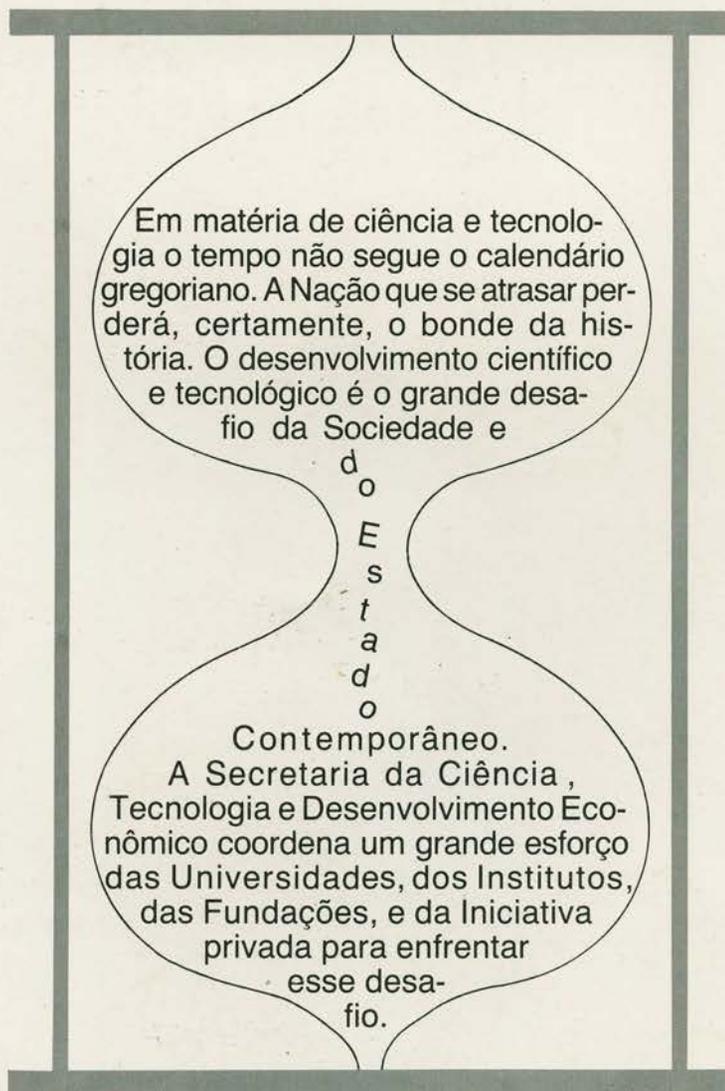
## DATAPREV

EMPRESA DE PROCESSAMENTO DE DADOS  
DA PREVIDÊNCIA SOCIAL

GOVERNO FEDERAL  
Tudo pelo social

MPAS. MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA E ASSISTÊNCIA SOCIAL

# QUEM PERDER DEZ ANOS, PERDERÁ UM SÉCULO DO PRÓXIMO MILÊNIO.



SECRETARIA DA CIÊNCIA,  
TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO  
ECONÔMICO.



NOVO TEMPO

GOVERNO DE SÃO PAULO