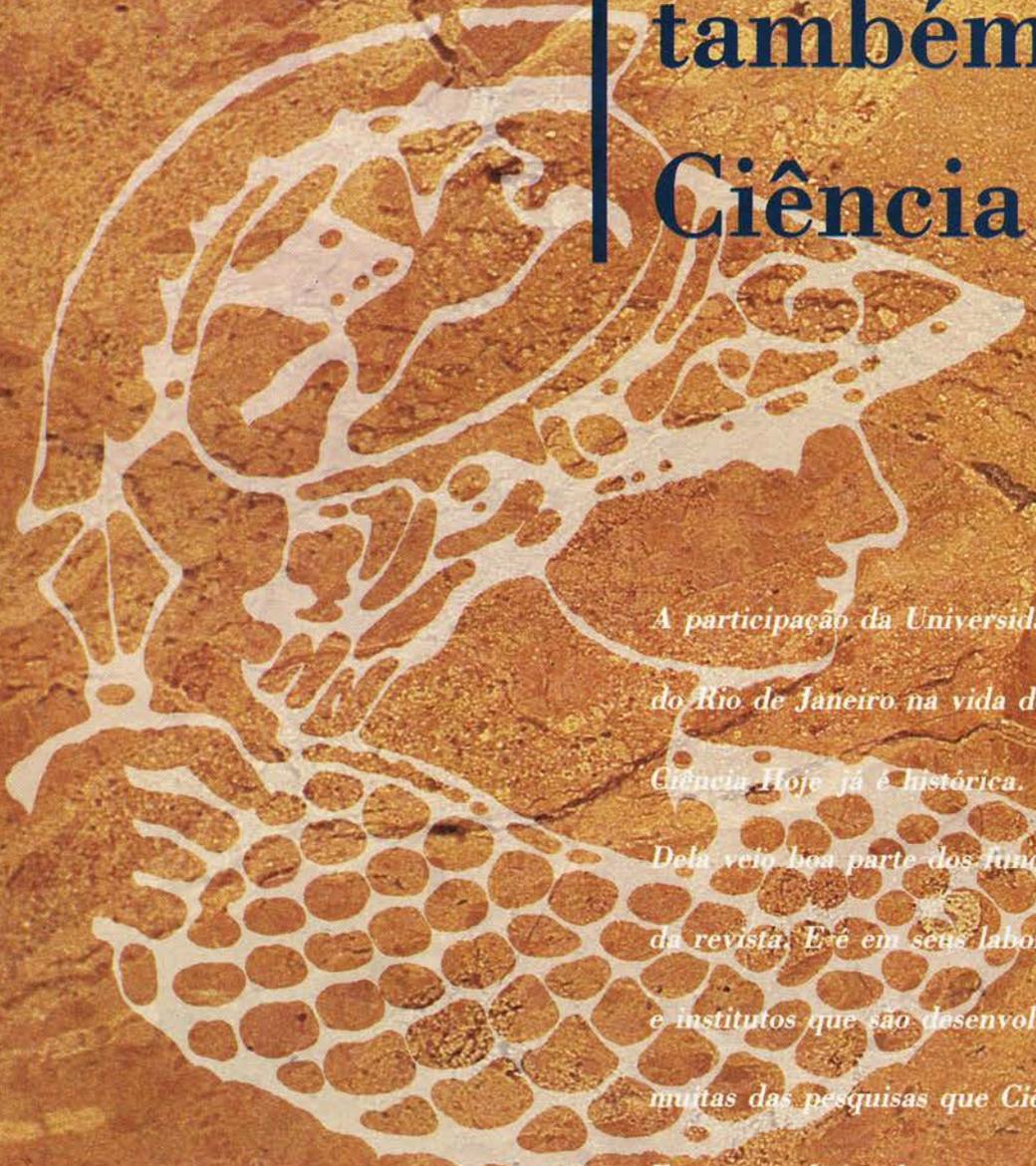


CIÊNCIAHOJE

Colágeno

FULERENOS: AS BOLAS DE CARBONO
A DEFESA QUÍMICA DOS ANFÍBIOS
O CONTROLE DO CAOS





A UFRJ também faz Ciência Hoje

A participação da Universidade Federal do Rio de Janeiro na vida de Ciência Hoje já é histórica.

Dela veio boa parte dos fundadores da revista. E é em seus laboratórios e institutos que são desenvolvidas muitas das pesquisas que Ciência Hoje divulga.

Em seu tradicional campus da Praia Vermelha está situada a sede da revista.

É por isso que a UFRJ também faz ciência hoje ... e amanhã.

Parabéns, SBPC,

pelos 10 anos de CIÊNCIA HOJE!

Inventando raça

No momento em que no Brasil manifestações de preconceito envolvem grupos sociais em conflitos violentos e a intolerância assume um caráter aparentemente racial – como no caso da violência contra os nordestinos em São Paulo –, nada mais oportuno para *Ciência Hoje* do que endossar as palavras da representante da SBPC, Mariza G. S. Peirano na audiência pública ‘Racismo e neonazismo: a difícil convivência igualitária numa sociedade democrática’, da Comissão de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias, realizada no Congresso Nacional, Brasília, no dia 9 de dezembro de 1992, tornando-as seu editorial nesta edição. Compartilhamos, assim, com a classe política, os sentimentos de repúdio às manifestações de antagonismo e preconceito.

Lembra-nos a professora, do Departamento de Antropologia da Universidade de Brasília, que os pesquisadores das ciências da cultura têm uma concepção da humanidade muito mais rica e mais complexa do que a encontrada no senso comum cotidiano. Para eles, a humanidade é ao mesmo tempo uma e única, mas também contém uma grande diversidade. Esta diversidade se desdobra continuamente, produzindo novas concepções de mundo, novas formas sociais. Este modo de ver a humanidade faz com que esses pesquisadores assumam compromissos éticos e políticos não só com a sociedade da qual fazem parte como especialistas ou cidadãos, mas também com aquelas que estudam e com os povos com que convivem.

O debate em curso no Brasil sobre a modernidade é uma ocasião para relembrar que os valores de tolerância e de relativismo, produtos das ciências da cultura, são fenômenos do mundo moderno, o qual desenvolveu um interesse especial em examinar as diferenças culturais e preservá-las, mostrando seu potencial de riqueza. As ciências da cultura são, portanto, caudatárias das noções de direito e liberdade, justiça e tolerância, que levaram ao estabelecimento das instituições democráticas, das constituições, das noções de direitos humanos, governo majoritário, sistemas partidários etc.

Mas o mundo moderno tem também suas perversões e uma das mais notórias diz respeito ao racismo e ao nazismo neste século. O reconhecimento de que o racismo e o neonazismo são fenômenos modernos, uma doença do nosso mundo – e não apenas uma aberração de alguns fanáticos – deve nos levar a refletir sobre os problemas da sociedade contemporânea e, especialmente, da consciência nacional. Isto já ocorreu na Alemanha da primeira metade do século e é hoje um fenômeno endêmico.

Quando a idéia de nação se tornou uma meta política no Ocidente, sua implantação e legitimidade trouxe os ideais de direitos civis, políticos e sociais para todo e qualquer cidadão. No entanto, a extensão desses ideais nacionais, modernos e ocidentais a povos de outras latitudes muitas vezes tem gerado

conseqüências indesejáveis, motivando ou recrudescendo, sob novas roupagens, conflitos milenares. Até hoje esses problemas, comuns a outros países do chamado ‘Terceiro Mundo’, ao Leste europeu e mesmo à nova Europa, não nos tinham afetado de maneira particular.

No caso do racismo e do neonazismo, é necessário levar em conta que, como produtos do mundo moderno, esses fenômenos perversos do mundo moderno estão paradoxalmente vinculados a uma visão de mundo que tem no indivíduo a medida de todas as coisas, em detrimento dos princípios da vida social. A ênfase acentuada na violência traduz precisamente o acirramento do individualismo e a conseqüente negação das crenças coletivas. Mais ainda: a raça se transforma no único fundamento válido de uma sociedade global, ou seja, valoriza os indivíduos apenas enquanto seres biológicos, chegando a negar a própria idéia coletiva de nação. Os seres sociais tornam-se, assim, representantes biológicos da humanidade.

É bem verdade que todos os grupos sociais se definem tanto por obrigações internas quanto por freqüentes antagonismos a outros grupos. As nações modernas são também sociedades que não existem sem antagonismos. Mas há uma diferença fundamental entre estes antagonismos e o racismo: na consciência de raça e no preconceito de raça, o único critério a distinguir de maneira substantiva o antagonista é a aparência física.

No caso brasileiro, nossa ideologia faz com que acreditemos ser esta uma sociedade tradicionalmente apta a conviver com diferenças regionais e étnicas. Em que pese a distância entre ideais e realidade, é fundamental o valor atribuído à diferença, pois é esta que fornece as bases para legitimar a relação entre os indivíduos, e não seus atributos nominalistas.

Por isso, os episódios recentes, ocorridos em São Paulo, são particularmente alarmantes: as diferenças regionais existentes sem dúvida, mas em princípio passíveis de acomodação, ao se tornarem ‘preconceitos raciais’ de cunho neonazista, podem gerar – como na verdade já estão gerando – uma violência imprevisível, dada a sua natureza essencialista e nominalista, introduzindo assim, no nosso meio, os aspectos mais negativos do projeto ocidental moderno.

Nos idos dos anos 50, várias pesquisas foram realizadas no Brasil sobre o preconceito racial supostamente inexistente. Para a Unesco, que financiou o projeto, o Brasil seria um exemplo de ‘democracia racial’. Pesquisas empíricas contestaram esta hipótese.

Nos episódios de São Paulo, nem mesmo os atributos de raça podem ser evocados para a violência, porque aqueles que foram agredidos não se distinguem dos seus agressores pelos traços físicos. Só podemos concluir então que estão ‘inventando raça’ onde ela não existe. Constata-se, sim, o regionalismo e, naturalmente, as flagrantes desigualdades sociais. Assistimos assim à criação da perversão local da perversão moderna.

EDITORIAL

CARTAS

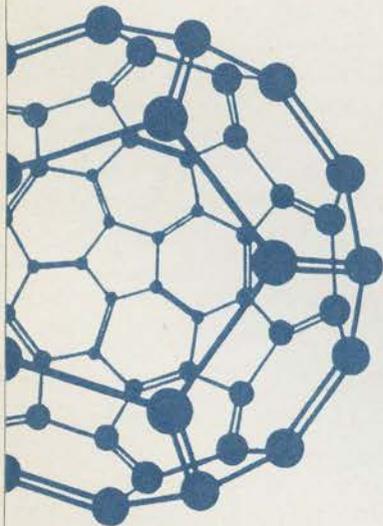
UM MUNDO DE CIÊNCIA

O mapeamento físico de cromossomos Y foi realizado no MIT com técnicas de biologia molecular. Este resultado é um passo muito importante para os vários projetos de seqüenciamento do genoma humano. Por Carlos Alberto da S. Almeida, Miguel Ângelo Martins Moreira e Sheiva Roitman.

A *Union of Concerned Scientists*, que reúne cientistas importantes de todo o mundo, lançou um manifesto em que expõe sua preocupação com o futuro da humanidade e do nosso planeta.

TOME CIÊNCIA

Assim como a vegetação é usada para determinar o regime hídrico e a fertilidade do solo, em áreas sem vestígios do ecótipo florestal original, propriedades e características dos solos poderão ser usadas para recomposição da vegetação primitiva, minimizando os problemas de adaptação das espécies. Por Alexandre Christófaro Silva e José Carlos de Campos.



1 **Fulerenos: a nova fronteira o carbono** 15

Manuel Nuñez Regueiro

Uma nova forma do carbono que, sob pressão, se transforma em diamante. São os fulerenos, que podem proporcionar múltiplas aplicações industriais e vêm sendo muito pesquisados.

6 **A defesa química dos anfíbios** 25

Antonio Sebben, Carlos Alberto Schwartz e

Jader dos Santos Cruz

As substâncias químicas naturais existentes na pele dos anfíbios fazem parte de um complexo sistema de defesa passiva desses animais e algumas delas deverão, em futuro não muito distante, contribuir de modo decisivo para o desenvolvimento de novos antibióticos.

Colágeno, a molécula de múltiplas funções 34

Luiz Carlos Uchôa Junqueira

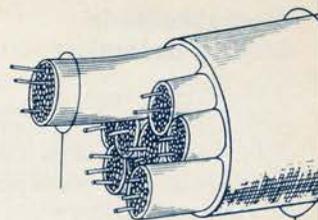
A publicidade em torno do colágeno como tratamento contra rugas (de pouca ou nenhuma eficácia) ignora a principal característica dessas moléculas protéicas: estimular a reprodução e a atividade das células fora do organismo. Seu estudo permite também compreender a origem de várias doenças.

12



ENCARTE

Simpósio Fundação Oswaldo Cruz/Instituto Pasteur



ENTREVISTA

42

O paranaense Celso Grebogi, hoje professor na Universidade de Maryland (EUA), é um dos autores de *Controlling Chaos*, um dos trabalhos mais influentes dos últimos tempos em dinâmica caótica. Ele fala à *Ciência Hoje* do desenvolvimento e dos avanços mais recentes em caos, da estrutura universitária nos EUA, entre outras coisas.

OPINIÃO

48

A opção pela monarquia provoca reações variadas. Contestando a pretensão científica de buscar uma verdade independente de outras considerações, Otávio Velho analisa os mecanismos de tais reações e o que elas na verdade escondem.

O LEITOR PERGUNTA

52

Os terminais de vídeo de microcomputadores emitem radiação nociva à saúde? Muitos estudos vêm sendo realizados nessa área, mas não há nada conclusivo. A maior parte das pesquisas conclui que a radiação emitida por terminais de vídeo não é nociva à saúde. Quem responde é Emico Okuno, do Instituto de Física da USP.



Capa Corte de tecido cartilaginoso, em que as fibrilas do colágeno aparecem como estruturas brilhantes quando observadas com polarização PSP.

É BOM SABER

54

Em 1868, um novo formato de carena é desenvolvido por um engenheiro naval brasileiro e utilizado com sucesso pela Marinha do Brasil e da Inglaterra. Talvez a primeira pesquisa tecnológica brasileira a ser divulgada e reconhecida no exterior, hoje está praticamente esquecida.

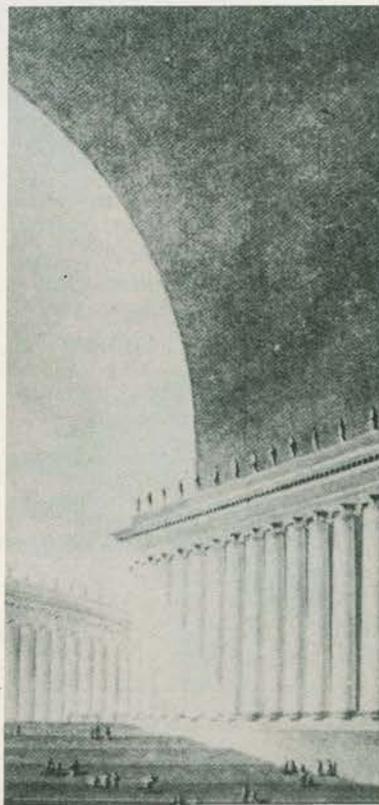
A luz pode ser uma grande aliada dos arquitetos. A história mostra vários exemplos de utilização da luz como recurso expressivo, mas existem poucos estudos dedicados ao assunto. Por Lauro Cavalcanti.

A ação corrosiva dos microorganismos sobre os metais vem despertando a atenção dos pesquisadores. Milhares de dólares são gastos anualmente para combater esse fenômeno, mas ainda não se conseguiu uma forma de controlá-lo. Por Christine Claire Gaylarde.

PONTO DE VISTA

63

Apesar dos progressos na relação Estado-cidadão, o relacionamento entre a comunidade científica e o Estado ainda não atingiu um ponto ideal e construtivo. Repensar as responsabilidades de cada parte é a proposta de Amílcar Baiardi.



Biodiversidade acende polêmica

O conteúdo da entrevista publicada em CH nº 83, com o título 'A natureza polêmica de Otto Solbrig', é permeada por tamanhas imprecisões e argumentações tortuosas que me força a dedicar-lhe uma resposta. Além disso, tendo sido co-autor de um artigo recentemente publicado na mesma revista ('O país da megadiversidade'), contendo várias opiniões opostas àquelas apresentadas pelo professor Solbrig, sinto-me compelido a tentar esclarecer certas questões. A polêmica científica, além de saudável, é fundamental na busca do conhecimento. No entanto, deve ser utilizada com



cuidado.

Em primeiro lugar, o professor Otto Solbrig é apresentado por CH como sendo "...considerado uma das maiores autoridades do planeta em biodiversidade", sem que se esclareça ao leitor em quais dos virtualmente ilimitados aspectos da biodiversidade a revista o considera um expoente. Uma consulta rápida às listas bibliográficas e de referência incluídas nos textos mais modernos sobre conservação de biodiversidade e biologia da conservação, ramos da ciência que investigam processos relacionados à perda de espécies e suas conseqüências, não demonstrou a influência das visões do professor Solbrig, apresentadas na entrevista, no

mainstream do pensamento científico atual sobre o assunto. Uma investigação mais detalhada por parte de CH revelaria que Solbrig é um respeitado botânico, cuja carreira foi dedicada ao estudo da biologia evolutiva, ramo em que sem dúvida é considerado uma grande autoridade. Permitindo-se levar pelo rumo da polêmica, a revista perdeu a oportunidade de focar na entrevista a carreira de um cientista natural que, ao longo de décadas, acumulou um vastíssimo conhecimento sobre ecossistemas naturais.

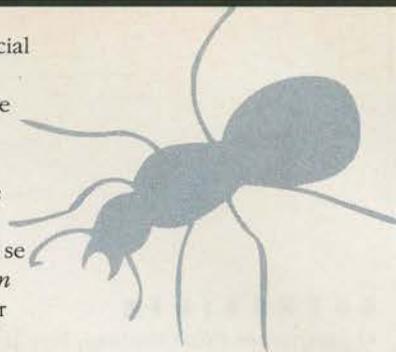
Solbrig afirma que desconhecemos as conseqüências da extinção de, digamos, 50% das espécies de plantas e animais. Por absoluta falta de espaço, não se poderia discorrer aqui sobre o vasto volume de dados sobre o assunto existente na literatura científica. Porém, sabemos que, apesar de haver um certo nível de redundância entre os componentes das comunidades animais e vegetais, a grande maioria das espécies participa em processos vitais para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos essenciais para diversos aspectos ligados à sobrevivência e à subsistência do homem. Dentre esses, podemos citar a manutenção de mananciais hídricos de qualidade e a fertilidade dos solos, controle de pragas e doenças, polinização de plantas de interesse econômico, além daquelas que minimizam a



erosão de áreas com potencial agrícola. É certo que desconhecemos o papel que desempenha cada uma das milhões de espécies nesses processos. No entanto, esse fato torna ainda mais premente a necessidade de se proteger a biodiversidade *in totum*, ao invés de se retirar aleatoriamente tijolos do mundo biológico com a esperança mística de que o muro do tecido natural não desabe. Face às evidências científicas existentes, acredito que rotular as preocupações dos cientistas naturais como "fervor religioso" seja mais apropriado à posição tecnotimística de Solbrig.

Mesmo se nada do exposto acima fosse suficientemente convincente a Solbrig, no mínimo poderíamos dizer que sabemos com certeza um dos resultados da extinção de 50% das espécies: a eliminação imediata de 50% da vida na Terra e possivelmente de mais da metade do patrimônio genético disponível a essas e às futuras gerações. Vários cientistas naturais de renome, incluindo o seu colega da Universidade de Harvard, Edmund Wilson, sem dúvida uma das maiores autoridades do mundo em questões ligadas à biodiversidade, consideram a extinção de espécies como a forma mais grave de alteração ambiental de origem antrópica, porque possui caráter irreversível. Serão eles parte do grupo que "mesmo sem se dar conta disso" defende a preservação da biodiversidade com "fervor religioso"?

É incorreta a afirmação de que nada sabemos sobre as mudanças que ocorrem em ecossistemas como resposta à inclusão ou exclusão de espécies; a literatura científica, da qual fazem parte vários trabalhos de Solbrig, possui diversos exemplos de elucidação de mecanismos naturais que afetam a



composição das comunidades naturais. Não há necessidade de, como sugerido na entrevista, se consultar o livro de Solbrig para descobrir quais são as hipóteses de trabalho merecedoras de atenção por parte dos cientistas naturais, já que os mesmos há mais de 50 anos se dedicam ao teste de hipóteses rigorosamente elaboradas, amparadas em paradigmas de trabalho amplamente aceitos pela ciência.

Solbrig tenta ainda tingir o perfil dos cientistas e grupos conservacionistas com uma textura de aparente ingenuidade, não percebendo que a face oposta o coloca necessariamente no topo de uma torre de marfim que se alicerça em um pretensão de cientificismo, já que admite que a ciência pouco conhece sobre as conseqüências da erosão progressiva da biodiversidade. Em nenhum momento a ciência da conservação da biodiversidade advoga que à extinção de espécies se confrontará o apocalipse (ou "fim do mundo", como prefere). Indica sim que, com base nos dados disponíveis, há evidências fortes de que o processo será danoso para as sociedades atuais e futuras, em escala ainda não determinada.

A pretexto de defender o método científico, Solbrig afirma: "Se eu, como cientista, disser 'sim, vamos fazer [evitar a extinção das espécies], porque virá o fim do mundo', e o fim do mundo não vem,

isso é desprestigiar a ciência". Porém a história da ciência é um contínuo suceder de hipóteses prestigiadas que eventualmente se tornam desprestigiadas, não constituindo contravenção científica as especulações sobre tendências além do dado experimental disponível. Muito pelo contrário, grande parte do progresso da ciência deu-se exatamente por essa via. Pergunto então: E se o contrário ocorresse, e o que chama de "fim do mundo" viesse? Acredito que teríamos não só desprestigiado a ciência, como também não haveria comunidade científica disponível para recuperar o prestígio do método.

Quando se dedica a interpretar a história econômica do mundo, Solbrig se perde em análises simplistas. Por exemplo, associa diretamente o processo de capitalização, industrialização e desenvolvimento dos EUA à venda de suas florestas aos ingleses! Mais além, afirma que, sem o corte das florestas, os países da América do Sul estariam condenados ao não desenvolvimento. Pergunto ao professor Solbrig: a existência de um ciclo de capitalização originário da venda de

que a eliminação da pobreza será sempre originária mais de um fato político do que econômico. Não fosse assim, o Brasil, detentor de um dos maiores PIBs do mundo, já teria há muito tempo resolvido grande parte dos seus problemas de miséria social.

Ainda sobre os aspectos econômicos ligados à biodiversidade e perseguindo a estratégia polemizadora ao extremo, Solbrig não escapa da armadilha da contradição. Inicialmente concorda com o argumento de (alguns) economistas de que grande parte da biodiversidade não possui valor econômico. No entanto, finaliza a entrevista com uma defesa apologetica do desenvolvimento de tecnologias que permitam a exploração econômica da diversidade biológica! Cai novamente em contradição sobre o valor econômico da biodiversidade quando ataca o tratado sobre o assunto, que não reconhece patentes sobre organismos naturais ou seus derivados, e afirma: "Com as patentes, nos darão cinco, talvez dez por cento. Se nós mesmos fizermos [desenvolvermos as tecnologias], ficamos com cem por cento." Se não vale a pena conservar

representado pela vincristina, utilizada no tratamento de leucemias. Sem necessidade de uma consulta detalhada aos compêndios médicos, podemos também rapidamente citar a quinina e seus derivados, digitalina, reserpina, morfina, codeína, curare, botropase, sem esquecer o mais importante

existe razão para se conceberem situações em que a perda de espécies resultaria na "salvação" de seres humanos. Por outro lado, são inúmeros os exemplos de produtos da biodiversidade colocados a serviço da melhoria da qualidade de vida e da saúde do homem ao longo de sua história

Não constituem contravenção científica as especulações sobre tendências além do dado experimental disponível.

medicamento do século, a penicilina, além de diversos outros antibióticos. Nos EUA, assim como no Brasil, perto de 30% dos agentes terapêuticos prescritos por médicos são derivados de plantas. São ainda em grande número os exemplos de espécies animais silvestres que se tornaram modelos essenciais para estudos de doenças e testes de novos medicamentos, sem mencionar o seu papel na pesquisa básica.

Poderíamos discorrer ainda mais sobre outras percepções errôneas contidas no referido texto. Porém, basta finalizar analisando a pergunta e resposta-síntese da entrevista: "Vale a pena perder espécies e salvar seres humanos? – Sim. Cem por cento". Preocupa quando o mais importante veículo de divulgação científica do país se presta ao papel de, ao fazer a pergunta, colocar a questão como um dilema real. Assusta o fato de um cientista respeitável na sua área de atuação – e portanto com grande potencial formador de opinião – aceitar respondê-la em quatro palavras, sem qualificá-la. Na verdade, esse é um dilema vazio. Com a possível exceção de alguns organismos altamente patogênicos, não

biológica e social. Acumulam-se ainda evidências de que a erosão progressiva da diversidade biológica acarretará resultados que, embora imprevisíveis em sua magnitude, serão danosos ao homem e a suas potencialidades econômicas atuais e futuras. De fato, se a ciência atual não tivesse meios de garantir a sobrevivência da base biológica que sustenta e sustentaria o futuro da humanidade sobre este planeta, necessitaríamos de um novo paradigma. Felizmente, ao invés de tapan o sol com a peneira e adotar o discurso daqueles que, a pretexto de progresso a qualquer custo, depredam os recursos naturais, grande parte da comunidade científica trabalha arduamente na elaboração de metodologias apropriadas, que garantam o desenvolvimento sustentado compatível com a conservação e com a utilização racional da biodiversidade.

*Gustavo A. B. da Fonseca
Universidade Federal de Minas Gerais e Fundação Biodiversitas/Conservation International.*

A metralhadora giratória da polêmica desvairada acaba sempre acertando o pé do dono.

madeiras ao exterior necessariamente faz parte do processo de desenvolvimento das nações e da melhoria da qualidade de vida de suas populações? A história do desmatamento da Floresta Atlântica do Brasil, reduzida hoje a cerca de 10% de sua área original, demonstra exatamente o contrário. Solbrig parece não entender

espécies, professor Solbrig, ficaremos com cem por cento de quê? A metralhadora giratória da polêmica desvairada acaba sempre acertando o pé do dono.

Solbrig se equivoca novamente ao afirmar que o único exemplo conhecido de produto farmacêutico de potencial econômico derivado da biodiversidade é

Cromossomo Y

Seu mapeamento será útil ao Projeto Genoma

Atualmente, técnicas de biologia molecular permitem mapear fisicamente cromossomos. Ou seja: ordenar fragmentos de DNA ao longo de um cromossomo, mesmo sem saber o conteúdo destes trechos. Aliando esta metodologia aos dados acumulados em estudos clínicos e citogenéticos por mais de uma década, como estudos em famílias e indivíduos com anomalias cromossômicas, o grupo de Douglas Vollrath (1992) realizou o mapeamento físico da região eucromática do cromossomo Y.*

O cromossomo Y é pequeno e submetacêntrico, isto é, seus braços têm tamanhos diferentes. A maior parte do braço longo (Yq) é composta de heterocromatina constitutiva, que não contém seqüências de ADN que codificam ARNs.

O pequeno trecho eucromático, que contém seqüências que podem ser transcritas em ARN, está localizado na região de Yq próxima ao centrômero e no braço curto (Yp). É na eucromatina que está, por exemplo, o gene responsável pela determinação do sexo masculino (SRY). Devido às suas características particulares, é difícil realizar o mapeamento gênico deste cromossomo (ordenar os genes ao longo do cromossomo), pois o mapeamento é baseado principalmente na taxa de recombinação (frequência de troca entre trechos de cromossomos homólogos).

Esta taxa varia diretamente conforme a distância entre os genes e inversamente com a proximidade dos mesmos ao centrômero. O cromossomo Y não possui

homólogo, apenas um pequeno trecho de Yp, chamado região pseudoautossômica, apresenta homologia com o cromossomo X, onde ocorre recombinação. O restante do cromossomo não recombina, necessitando de outra estratégia para o mapeamento dos genes.

Os cromossomos Y puderam ser isolados por meio de um método chamado *flow sorting*, que produz frações enriquecidas de cromossomos específicos a partir da célula em divisão (figura 1). Após o tratamento com enzimas de restrição (que reconhecem seqüências específicas do ADN), fragmentos de 4 - 5 Kb (1 Kb = 1.000 pares de bases ou nucleotídeos) foram inseridos em vírus bacteriófagos (utilizados em biologia molecular como vetores de clonagem de

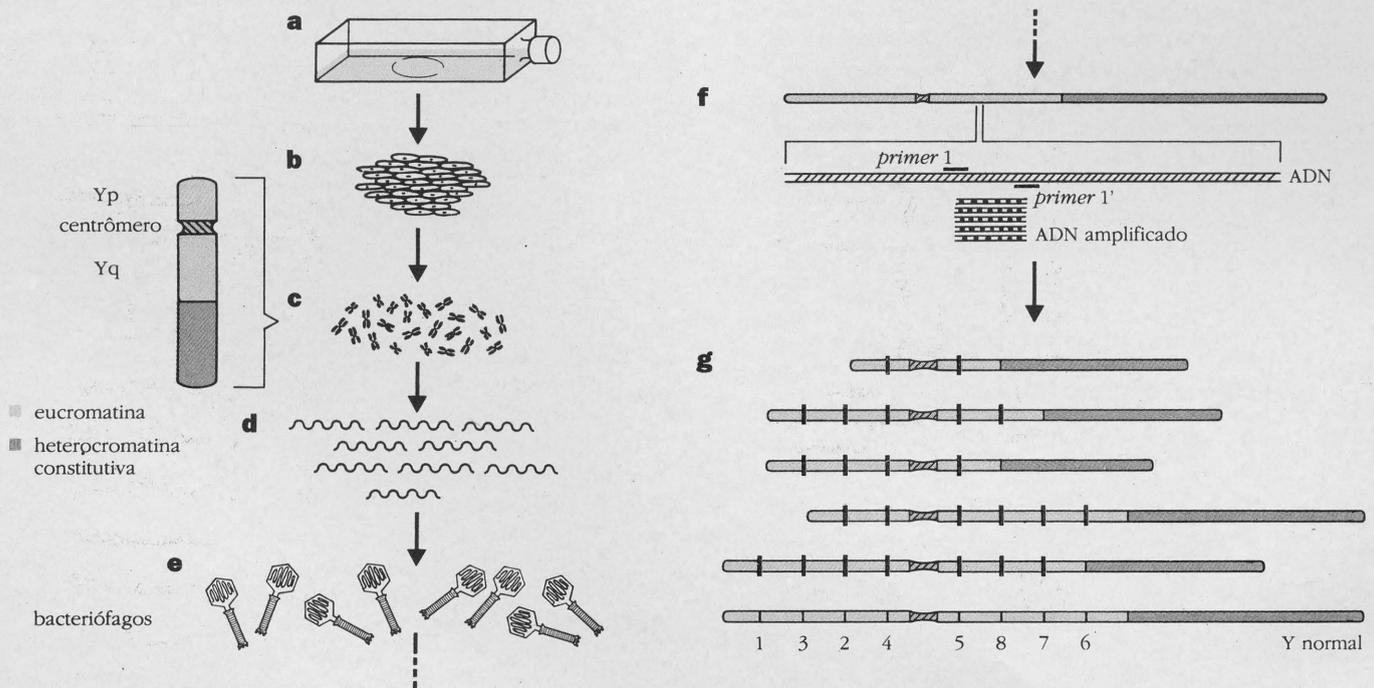


Figura 1. Esquema da técnica utilizada pelo grupo de Vollrath: a) garrafa plástica com cultura de células; b) células híbridas que contêm cromossomos humanos e de hamster num mesmo núcleo; c) cromossomos Y humanos selecionados com *flow sorting*; d) ADN de cromossomos Y 'cortados' por enzimas de restrição; e) diferentes fragmentos de ADN de cromossomos Y (4 a 5 Kb) inseridos em bacteriófagos por métodos de biologia molecular; f) dos bacteriófagos recombinantes, selecionaram-se os fragmentos de interesse, e a partir destes construíram-se primers para amplificar por PCR fragmentos específicos do cromossomo Y; g) utilizando os diferentes primers construídos e o ADN de vários indivíduos que apresentaram deleções no cromossomo Y, montou-se o mapa de deleções. No detalhe, esquema de um cromossomo Y.

fragmentos de ADN) para a construção de uma biblioteca genômica parcial (vários segmentos de ADN inseridos em vetores de clonagem que, somados, representam a totalidade do genoma em estudo). Com a análise da seqüência de nucleotídeos (fosfato-pentose-base nitrogenada interligados) desses fragmentos, foi feita a seleção dos trechos característicos do cromossomo, que ocorrem uma única vez no genoma, a fim de construir pequenos oligonucleotídeos ou *primers* (seqüências de 15 a 20 nucleotídeos construídos artificialmente). Estes foram utilizados por Simon Foote *et al.* (1992) no método *Polymerase Chain Reaction* (PCR),** usado para amplificar milhões de vezes um trecho de ADN, a fim de analisar o ADN de vários indivíduos no qual diferentes fragmentos do cromossomo Y estavam ausentes devido a deleções (figura 2). A não amplificação de um determinado segmento indicava a deleção. Como os diversos indivíduos estudados apresentavam diferentes deleções, foi possível montar um mapa ordenado dessas regiões.

Paralelamente, o mesmo grupo de pes-

quisadores construiu uma biblioteca genômica completa em cromossomos artificiais de levedura (YACs, vetores de clonagem capazes de transportar de 10^2 a 10^3 Kb). O ADN humano usado nesse experimento originou-se de um indivíduo XYYYY. Esta estratégia permitiu encontrar YACs com trechos de ADN de cromossomo Y com uma probabilidade quatro vezes maior do que seria obtida utilizando-se um homem normal (XY). Esses grandes trechos de ADN do cromossomo Y em YACs também foram ordenados utilizando os *primers* e o método de PCR citados acima.

O confronto dos resultados do mapeamento de deleções e dos obtidos nos trechos de cromossomos Y clonados em YACs permitiu um ordenamento mais preciso dos fragmentos de ADN, baseado não somente na ausência de um fragmento (primeiro caso) como também na sua presença (segundo caso).

Com o mapeamento físico construído, os dados obtidos podem ser utilizados para comparar a estrutura do cromossomo Y com a de outros cromossomos

(principalmente com o cromossomo X), assim como estudar a variação interpopulacional e comparar o Y humano com o dos demais primatas para estudos evolutivos.

Apesar destes segmentos estarem ordenados, ainda não se conhece o conteúdo informativo da maior parte deles. Para isso é necessário seqüenciar o ADN (conhecer a ordem de todos os nucleotídeos formadores de cada segmento). Este conhecimento servirá para localizar precisamente os genes do cromossomo Y, suas seqüências reguladoras e a provável estrutura de suas proteínas, sendo um passo muito importante para os projetos de seqüenciamento do genoma humano.

* *Science*, vol. 258, pp. 52-59 (1992)

** *Science*, vol. 258, pp. 60-66 (1992)

Carlos Alberto da Silva Almeida
Miguel Angelo Martins Moreira
Sheyla Roitman

Seção de Genética - Serviço de Pesquisa Básica,
Instituto Nacional do Câncer (INCA).

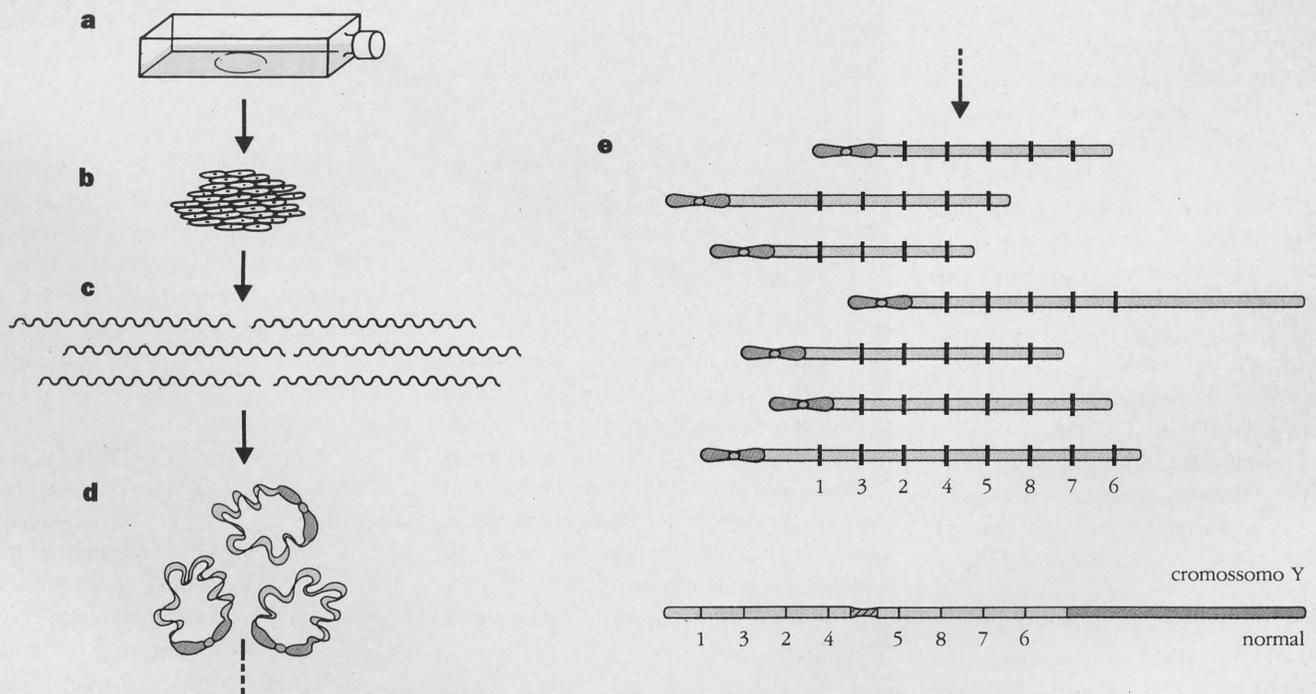


Figura 2. Esquema da técnica utilizada por Foote: a) garrafa plástica com cultura de células; b) células humanas XYYYY; c) ADN de células humanas XYYYY 'cortado' com enzimas de restrição; d) diferentes fragmentos ADN de cromossomos Y (10^2 - 10^3 kb) inseridos em YACs por métodos de biologia molecular; e) amplificação por PCR utilizando os *primers* construídos a partir dos bacteriófagos selecionados; f) confrontando o mapa de deleção e os dados obtidos por PCR dos YACs, conseguiu-se 'montar' um mapa ordenado da região eucromática do cromossomo Y.

Cientistas alertam a humanidade

'Os seres e o mundo natural estão em rota de colisão'

Renomados cientistas do mundo inteiro expõem sua preocupação com o futuro da humanidade e do nosso planeta assinando um manifesto de advertência a todos os povos.

O manifesto da *Union of Concerned Scientists* está sendo enviado para pedir o endosso de cientistas da comunidade mundial, e será usado nos EUA, Europa e outros lugares como apoio à formação da opinião pública sobre os problemas nele descritos.

Manifesto da *Union of Concerned Scientists*

Introdução

Os seres e o mundo natural estão numa rota de colisão. As atividades humanas infligem severos danos, muitas vezes irreversíveis, sobre o meio ambiente e os recursos críticos. É preciso tomar cuidado, pois muitos de nossos hábitos colocam em perigo o futuro que desejamos para a sociedade e para o reino dos animais e das plantas, alterando de tal maneira a vida que se tornaria impossível mantê-la como a conhecemos. Mudanças fundamentais são urgentes se quisermos evitar o choque que o nosso atual modo de vida provocará.

O Meio Ambiente

O meio ambiente está sob fortes tensões:

A Atmosfera

A diminuição do ozônio estratosférico nos ameaça com o aumento da radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre, podendo causar danos ou mesmo ser fatal para muitas formas de vida. A poluição do ar ao nível do solo e a precipitação ácida já estão causando muitos danos aos seres humanos, às florestas e às colheitas.

Recursos Hídricos

A exploração insensata do suprimento limitado de água do solo põe em perigo a produção de alimentos e de outros sistemas essenciais à vida humana. As grandes demandas de águas superficiais resultaram numa escassez séria em mais ou menos 80 países habitados por 40% da população mundial. A poluição dos rios, dos lagos e das águas do solo também limita o suprimento.

Oceanos

A pressão destrutiva sobre os oceanos é severa, em particular nas regiões costeiras, maiores produtoras do peixe que alimenta o mundo. A captura marinha está atual-

mente no limite, ou mesmo um pouco acima, do rendimento máximo sustentável avaliado. Algumas indústrias de peixe já mostraram sinais de colapso. Os rios que carregam para o mar grandes quantidades de solos de erosão também levam lixo de municípios, da agricultura, de animais domésticos, de indústrias – alguns até tóxicos.

Solos

A perda da produtividade do solo, que provoca um abandono da terra em grande escala, é um subproduto das práticas utilizadas na agropecuária. Desde 1945, 11% da mata da superfície terrestre foi aviltada – uma área maior que a da China e Índia juntas – e a produção de alimentos *per capita* em muitas partes do mundo está diminuindo.

Florestas

As florestas úmidas tropicais e as florestas secas tropicais e temperadas estão sendo rapidamente destruídas. Se for mantido o ritmo atual, alguns tipos de florestas, que são críticas, estarão extintos em poucos anos e a maior parte das florestas úmidas tropicais estará liquidada antes do fim do próximo século, levando à extinção de um grande número de plantas e animais.

Espécies Vivas

A perda irreversível de espécies, que pode atingir 1/3 de todas as espécies vivas atuais, por volta de 2100, é extremamente séria. Estamos perdendo o potencial que elas têm de proporcionar vários tipos de benefícios, como os medicinais por exemplo, e a contribuição dada pela diversidade genética das várias formas de vida à solidez dos sistemas biológicos do mundo e à espantosa beleza da própria Terra.

A maioria dos danos é irreversível, pelo menos numa escala de séculos. Ainda

há outros processos que podem criar novas ameaças. O aumento dos gases na atmosfera, provocado pela atividade humana, incluindo o dióxido de carbono liberado pela queima de combustível fóssil e pelo desmatamento, pode provocar alterações climáticas em escala global. As previsões sobre o aquecimento global – com conseqüências variando de tolerável a desastrosas – ainda são incertas, mas os riscos potenciais são muito grandes.

Nossa profunda intromissão na interdependência do conjunto dos seres vivos do mundo – acoplada aos danos ambientais infligidos pelo desmatamento, pelas perdas de espécies e pelas mudanças climáticas – poderia deflagrar extensos efeitos adversos, incluindo colapsos imprevisíveis de sistemas biológicos críticos cujas interações e dinâmicas não são totalmente compreendidas.

A incerteza sobre a extensão desses efeitos não desculpa a complacência ou a inércia em encarar as ameaças.

População

A Terra é finita. Sua capacidade para absorver rejeitos e efluentes destrutivos é finita. Sua capacidade de fornecer alimentos e energia é finita. Sua capacidade de manter um número crescente de habitantes é finita. Nós estamos rapidamente nos aproximando de muitos dos limites da Terra. Práticas correntes de economia, que danificam o meio ambiente em países tanto industrializados como em desenvolvimento, não podem ser mantidas sem o risco de causar danos irreversíveis a sistemas vitais do globo.

Pressões resultantes de um crescimento populacional desenfreado fazem exigências à natureza que podem acabar com qualquer tentativa de um futuro sustentado. Se queremos pôr um fim à destruição de nosso meio ambiente, devemos aceitar os limites desse crescimento. Uma estimativa do Banco Mundial indica que a população global não se estabilizará abaixo de 12,4 bilhões, enquanto as Nações Unidas avaliam um total provável de 14 bilhões, quase o triplo da população atual de 5,4 bilhões. Observe-se que atualmente uma pessoa em cinco vive em absoluta pobreza sem ter o suficiente para alimentar-se e uma em dez sofre de severa desnutrição.

Não nos resta mais que umas poucas décadas para eliminar as ameaças com que nos confrontamos. Perdendo esta oportunidade, o futuro da humanidade estará seriamente comprometido.

A T E N Ç Ã O

Os abaixo-assinados, membros *seniors* da comunidade científica mundial, advertem sobre o futuro da humanidade. Há necessidade de uma drástica mudança na nossa maneira de administrar a Terra e a vida nela contida se queremos evitar a miséria humana generalizada e a mutilação irreversível de nosso planeta.

O que devemos fazer

Há cinco áreas interligadas que devem ser enfrentadas simultaneamente:

1. Devemos manter sob controle as atividades que danificam o meio ambiente para restaurar e proteger a integridade dos sistemas terrestres dos quais dependemos.

Devemos por exemplo abandonar o emprego de combustíveis fósseis, substituindo-os por fontes de energia inesgotável e mais benigna, cortando assim o efeito estufa provocado pela emissão de gases e a poluição de nosso ar e água. A prioridade deve ser dada ao desenvolvimento de fontes de energia que correspondam às necessidades dos países do terceiro mundo – escala menor e relativamente fácil de implementar.

Devemos acabar com o desmatamento, com os danos e a perda de terra para a agricultura e com o desaparecimento de plantas, animais e espécies marinhas.

2. Devemos administrar de maneira mais eficiente os recursos cruciais para o bem-estar da humanidade.

Devemos dar especial atenção ao uso eficiente da energia, da água e de outros materiais, e também à conservação e à reciclagem.

3. Devemos estabilizar a população. Isto só se torna possível se todas as nações reconhecem a necessidade de melhorar suas condições sociais e econômicas, e de adotar um planejamento familiar eficiente e voluntário.

4. Devemos reduzir e até mesmo eliminar a pobreza.

5. Devemos assegurar igualdade de sexos e garantir às mulheres o controle sobre suas próprias decisões de reprodutividade.

Nos dias de hoje, os países industrializados são os maiores poluidores do mundo. Devem tornar-se menos consumistas para reduzir as pressões sobre os recursos naturais e sobre o meio ambiente. Os países desenvolvidos têm obrigação de ajudar e apoiar as nações em desenvolvimento, porque somente eles têm os recursos financeiros e a capacidade tecnológica adequada para essas tarefas.

Agir assim não é altruísmo, pois é também em interesse próprio: industrializados ou não, estamos todos no mesmo barco. Nenhuma nação escapa ileso quando sistemas biológicos são danificados. Nenhuma nação escapa de conflitos com uma crescente escassez de recursos. Além disso, as instabilidades econômicas e ambientais geram migrações com conseqüências incalculáveis tanto para os países industrializados como em desenvolvimento.

Os países em desenvolvimento devem compreender que os danos ao meio ambiente são ameaças das mais graves para eles e que as tentativas de amenizá-los podem ser inúteis se as populações não forem controladas. O grande perigo é ficar preso numa cadeia de declínio ambiental, pobreza, intranquilidade, levando a um colapso social, econômico e ambiental.

O sucesso nesta tentativa global demandará uma grande redução de violência e de guerras. Os recursos atualmente orientados para preparar guerras – com montantes acima de US\$ 1 trilhão anuais – serão extremamente úteis para as novas tarefas e deverão ser dirigidos para os novos desafios.

Uma nova ética é requerida – a atitude de não nos eximir de nossas responsabilidades para conosco e com a Terra. Devemos admitir a capacidade limitada da Terra para o nosso suprimento. Devemos reconhecer sua fragilidade. Não podemos mais permitir sua devastação. Esta ética deve motivar um grande movimento para convencer os líderes, governos e até

Participe do "Prêmio Reunião Anual da SBPC"

Para estimular a participação de jovens pesquisadores, como você, em suas Reuniões Anuais, a SBPC criou o "Prêmio Reunião Anual da SBPC", que será concedido todos os anos.

O Prêmio terá sempre dois ganhadores:

- 1) um estudante de Mestrado (senso estrito) e
- 2) um estudante de Doutorado (também senso estrito), por trabalhos classificados em 1º lugar, nas áreas de Ciências Biológicas, Ciências Exatas e Ciências Humanas.

Os vencedores ganharão diploma da premiação e quantia em dinheiro a ser definida anualmente pela SBPC.

A Comissão Julgadora pode conferir, a seu critério, uma Menção Honrosa em cada modalidade e área.

A inscrição do trabalho para concorrer ao Prêmio, em formulário próprio, é isento de taxa e se dará simultaneamente à inscrição regular na Reunião Anual, feita junto à Secretaria Geral da SBPC.

Cada autor só pode inscrever um trabalho, de no máximo 30 páginas (cada página com 35 linhas, espaço duplo).

**Inscriva seu trabalho até
19 de março!**

Peça sua ficha de inscrição e mais informações pelos fones (011) 211-5008, 211-0933 e (021) 295-4846 ou pelo fax (011) 212-1376.

**Sociedade Brasileira para
o Progresso da Ciência**

Rua Costa Carvalho, 222, CEP 05429-000, São Paulo, SP.

os povos relutantes a efetuar essas mudanças tão necessárias.

Os cientistas responsáveis por este aviso esperam que sua mensagem alcance e atinja os povos de todo o mundo. A ajuda de todos é necessária.

Pedem a ajuda da comunidade mun-

dial de cientistas – naturais, sociais, econômicos, políticos; a ajuda do mundo comercial e industrial; a ajuda dos chefes religiosos; e a ajuda dos povos do mundo.

Chamam a todos para se juntarem neste empreendimento.

p.2

If you agree, kindly return your statement of agreement to the Union of Concerned Scientists, 26 Church Street, Cambridge, Mass. 02238, USA.

Sincerely,

Christian Anfinsen
Christian Anfinsen*
Johns Hopkins University

Norman E Borlaug
Norman Borlaug*
Wheat Improvement Center, Mexico

Carlos Chagas
Carlos Chagas
University of Rio de Janeiro

Murray Gell-Mann
Murray Gell-Mann*
Calif. Inst. of Technology

Dorothy Crowfoot Hodgkin
Dorothy Crowfoot Hodgkin*
University of York

Henry W Kendall
Henry W. Kendall*
Chairman, Union of Concerned Scientists
Mass. Inst. of Technology

George J. F. Kohler
George J. F. Kohler*
Max Planck Institute

Rita Levi Montalcini
Rita Levi-Montalcini*
Inst. of Neurobiology, CNR

Ernst Mayr
Ernst Mayr
Harvard University

M. G. K. Menon
M. G. K. Menon
Member of Parliament, India

Yuri Ossipyan
Yuri Ossipyan
Russian Academy of Sciences

John C. Polanyi
John C. Polanyi*
University of Toronto

Peter H. Raven
Peter Raven
Missouri Botanical Garden

Ronald Sagdeev
Ronald Sagdeev
University of Maryland

Frederick Sanger
Frederick Sanger*
Medical Research Council

Jack Steinberger
Jack Steinberger
Center for European Nuclear Research

Tan Jia-zhen
Tan Jia-zhen
Inst. of Genetics, Shanghai

James Tobin
James Tobin*
Yale University

Susumu Tonegawa
Susumu Tonegawa
Mass. Inst. of Technology

Victor Weisskopf
Victor Weisskopf
Mass. Inst. of Technology

Thomas H. Weller, MD
Thomas Weller*
Harvard School of Public Health

Zhou Guang-zhao
Zhou Guang-zhao
Chinese Academy of Sciences

Lord Zuckerman
Lord Zuckerman
University of East Anglia

*Nobel laureate

Ligações citoesqueléticas nas células

A idéia de que os microtúbulos e os microfilamentos de actina, elementos constituintes do esqueleto celular, desempenham funções distintas na célula precisa ser revista em função dos novos resultados obtidos por James P. Lee-Miller, David M. Helfman do Cold Spring Harbor Laboratory (EUA) e Trina A. Schroer da Johns Hopkins University (EUA) e também por Sean W. Clark da Escola de Medicina da Universidade da Califórnia em Los Angeles (EUA) e David I. Myer do Instituto de Biologia Molecular, Los Angeles (EUA).

As duas equipes identificaram, independentemente, um novo tipo de actina responsável pela ativação do transporte de organelas, no centróssomo (centro de organização de microtúbulos) de células eucarióticas (células que têm núcleo).

Estes resultados são dignos de nota em vista dos dados recentes, que mostram que microfilamentos e microtúbulos podem desempenhar funções análogas ou mesmo parcialmente redundantes.

Acreditava-se que microtúbulos são usados por células animais e microfilamentos de actina por fungos, plantas e protozoários, mas descobriu-se que todas as células eucarióticas podem empregar ambos sistemas.

A razão da célula empregar tanto microtúbulos como microfilamentos de actina para o transporte de organelas ainda é desconhecida. Uma possibilidade seria que, devido à redundância, algumas células usam preferencialmente um desses sistemas para o transporte de membranas. Outra

possibilidade seria que os microtúbulos se responsabilizam pelo transporte de mais longo alcance entre o centro e a periferia da célula, enquanto a rede de actina cortical se ocupa da etapa final, levando as vesículas diretamente às membranas do plasma.

A interação entre microfilamentos e microtúbulos parece ser um campo de pesquisa promissor para a descoberta de conexões e comunicações no interior das células.

Nature, vol. 359, pp. 193, 244 e 246 (1992).

Colapso de gelo na Antártida

Há muita preocupação em torno do aquecimento global. Segundo algumas previsões, as geleiras da região da Antártida poderiam derreter, ocasionando o aumento do nível dos oceanos e conseqüentemente provocando inundações nas regiões litorâneas.

Estudos recentes sugerem que a elevação da temperatura pode não ter um impacto imediato sobre a camada de gelo do oeste da Antártida embora esta camada seja a mais susceptível de colapso. Estes

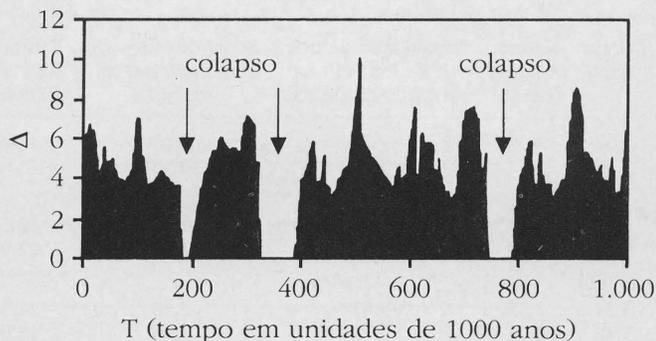
estudos indicam que a camada de gelo tem um comportamento errático, com possibilidade de entrar em colapso sem conexão imediata com a temperatura global.

Este trabalho foi desenvolvido por Douglas R. MacAyeal da Universidade de Chicago (EUA), baseado num modelo de computador utilizando dados sobre os suportes da camada de gelo. Ele simulou no computador um período de um milhão de anos, correspondente a dez repetições de um ciclo de 100.000 anos de variações da temperatura na superfície e do nível do mar. O resultado foi surpreendente: a camada de gelo revelou um colapso em três intervalos totalmente irregulares, 190.000 anos, 330.000 anos e 750.000 anos. Estes colapsos não correspondiam necessariamente a períodos de aquecimento da superfície.

Os modelos usados por MacAyeal utilizam dados recentes sobre a camada subjacente ao gelo 'tilt' (conglomerado de rocha e água), que age como lubrificante do lençol de gelo, influenciando de maneira imprevisível seu deslizamento para o oceano.

Nature, vol. 359, p. 29 (1992).

Science News, 26/9, p. 207 (1992).



Resultados obtidos na simulação de computador. Δ = redução de altura do nível do mar correspondente à formação da camada de gelo, em metros; $\Delta = 0$ sinaliza o colapso total da camada.

Antiinflamatórios e asma

Cientistas holandeses relatam que o tratamento de crianças asmáticas com drogas antiinflamatórias é bem mais eficiente que o tradicional com broncodilatadores. A asma resulta da contração do músculo que envolve as vias de aeração impedindo a retomada do fôlego, mas sua pior conseqüência é a inflamação das mesmas.

Pesquisadores liderados por Elizabeth E. van Essen-Zandvliet do Hospital de Crianças Sophia (Rotterdam, Holanda) testaram 116 crianças, de 7 a 16 anos de idade, com asma variando de moderada a severa. As crianças foram separadas em dois grupos dos quais um recebeu o tratamento convencional com um broncodilatador acrescentado de placebo e o outro com broncodilatador e um aerosol de esteróide. Depois de 22 semanas, verificou-se que, em média, as crianças tratadas com o esteróide sofreram bem menos da asma e recomendou-se então que todas as outras também recebessem o mesmo tratamento. Os resultados estão relatados no número de setembro da *American Review of Respiratory Diseases*.

Muitos especialistas acreditam que o uso de broncodilatadores, abrindo as vias de aeração, não impede a inflamação, que pode resultar no estreitamento permanente dos brônquios, e aconselham o uso dos inalantes de esteróides como base do tratamento da asma.

Os médicos entretanto estão relutantes em prescrever tais drogas para as crianças.

Science News, 26/9, p. 197 (1992).

O solo e a recomposição florestal

Metodologia auxiliará reflorestamento no sul de Minas Gerais

A utilização desordenada dos recursos naturais tem degradado parcial ou totalmente os diversos ambientes. Atualmente, ao contrário do que ocorreu décadas atrás, há uma pressão da opinião pública em geral para a recuperação dessas áreas degradadas.

Quando o homem tenta reverter essa situação, muitas vezes se depara com problemas metodológicos e, com isso, a tentativa de recuperação ambiental pode fracassar. Assim, o reflorestamento de áreas desmatadas, por exemplo, realizado sem preocupações com a recomposição da cobertura vegetal original, pode não só levar ao fracasso do próprio reflorestamento mas também aumentar os impactos ambientais.

Nesse contexto, em uma região com condições topoclimáticas semelhantes, a correlação entre solo e vegetação natural é uma ferramenta muito útil, porque a vegetação natural é usada como referência para a determinação do regime hídrico e da fertilidade do solo.

O sul de Minas Gerais (particularmente a região do reservatório de Furnas), assim como a maior parte do centro-sul do Brasil, se caracteriza pela retirada de quase toda a cobertura vegetal primitiva. Atualmente, essas regiões têm só 6% de suas vegetações naturais, que foram substituídas pela agricultura e, principalmente, pelas pastagens.

ECÓTIPOS	PARÂMETROS				
	Número de árvores por hectare (ha)	Diâmetro médio (em cm)	Altura do fuste (em m)	Número de espécies	Famílias
Cerrado	480	15,1	2,97	28	20
Cerradão	720	18,4	8,60	25	17
Floresta	625	22,7	9,38	29	16

Figura 1. Valores de densidade, diâmetro médio, altura do fuste, número de espécies e famílias por hectare para cerrado, cerradão e floresta.

Dessa maneira, floresta tropical subperenifólia, cerrado e cerradão são encontrados sob semelhantes condições de relevo e clima, dificultando a identificação de qual o ecótipo florestal que ocupava antes uma área totalmente desmatada.

O objetivo deste trabalho é, a partir de características e propriedades dos solos, identificar a cobertura vegetal original em áreas devastadas. Os resultados servirão de base para o reflorestamento com espécies nativas que existiam originariamente nesses locais, minimizando os problemas de adaptação.

Neste trabalho, considerou-se o que restou de vegetação natural na região de influência do braço sul do reservatório de Furnas. Inicialmente, foram identificadas, com o auxílio de fotografias aéreas, imagens do satélite norte-americano Landsat e trabalhos de campo, áreas de floresta tropical subperenifólia (vegetação de grande porte, que perde parte das

folhas no inverno), de cerradão (vegetação de porte intermediário) e cerrado (vegetação baixa e tortuosa).

Posteriormente, foram demarcadas cinco parcelas de 10 m por 50 m, nas áreas de cada ecótipo vegetal, bem distribuídas por toda a região estudada, para elevar a representatividade da amostragem. Nestas parcelas, as espécies vegetais foram identificadas determinando-se a densidade por espécie, além das medidas de diâmetro à altura do peito, altura de fuste (porção entre o solo e as primeiras ramificações) e altura total da árvore. O perfil do solo foi descrito coletando-se amostras para análises físicas e químicas em laboratório.

No cerrado, foram identificadas 28 espécies vegetais com diâmetro maior que 10 cm. As mais comumente encontradas foram barbatimão (*Pitcolobium inopinatum*) e chapadinha (*Sweetia sp.*). As 28 espécies encontram-se distribuídas por 20 famílias, com maior concentração na

Tipo de vegetação	Horizonte (camada do solo)	pH em água	Matéria orgânica (em %)	Capacidade de troca de cátions (T) em meq/100 ml de solo	Soma de bases (S) em meq/100 ml de solo	Saturação com bases (V) em %	Saturação com alumínio (em %)	Água disponível para as plantas (em %)
Cerrado	superfície (0 a 39 cm)	5,02	2,35	7,20	0,48	6,68	67	6,78
	subsuperfície (abaixo de 39 cm)	5,36	1,31	5,96	0,58	7,20	58	6,44
Cerradão	superfície (0 a 44 cm)	5,34	2,37	6,61	1,41	22,78	30	10,21
	subsuperfície (abaixo de 44 cm)	5,42	1,45	5,54	1,28	22,90	36	8,20
Floresta tropical subperenifólia	superfície (0 a 69 cm)	5,24	2,98	9,87	2,55	21,54	51	13,35
	subsuperfície (abaixo de 69 cm)	5,32	1,71	6,77	1,33	18,60	37	8,88

Figura 2. Média dos resultados das análises de fertilidade dos solos sob os diferentes ecótipos florestais estudados, incluindo a água disponível para as plantas.

família *Leguminosae caesalpinoideae*. Apresentam diâmetro médio de 15,1 cm e densidade de 480 árvores por hectare (figura 1).

O solo predominante sob cerrado é o latossolo vermelho-amarelo, pertencente à classe dos solos mais antigos da Terra. São muito profundos, muito porosos e acentuadamente drenados. Apresentam caráter ácido e os menores teores de matéria orgânica do que os solos sob as outras coberturas vegetais estudadas (figura 2). Além disso, têm os mais elevados teores de alumínio (elemento tóxico para as plantas) e os menores teores de água disponível, como mostra a figura 2.

Essas características tornam o ambiente desses solos adversos ao desenvolvimento de várias espécies vegetais, onde só uma cobertura vegetal adaptada a tais condições, como o cerrado, consegue se desenvolver.

Nos cerradão, foram identificadas 25 espécies vegetais, com diâmetro maior que 10 cm. As mais comumente encontradas foram a canela sassafrás (*Ocotea pretiosa*), casca de arroz (*Miconia cenamomifolia*) e cafezinho (*Casearia* spp). As 25 espécies estão distribuídas em 17 famílias, com maior representação para as famílias Melastomaceae, Estiracaceae e Lauraceae. Têm diâmetro médio de 18,35 cm e densidade de 720 árvores por hectare.

O solo predominante sob o cerradão é o latossolo vermelho escuro, também da classe dos solos mais antigos do planeta. São muito porosos e acentuadamente drenados. Têm caráter ácido, médios teores de matéria orgânica e apresentam os mais altos teores de potássio e de magnésio na camada subsuperficial dentre os solos sob as diferentes coberturas vegetais estudadas. Essas características, juntamente com os menores teores de alumínio e com os maiores teores de água disponível para as plantas, mostrados na figura 2, parecem ser os fatores de maior importância com relação à colonização dessas áreas por vegetação de cerradão, em detrimento da vegetação de cerrado.

Na cobertura vegetal denominada floresta tropical subperenifólia foram identificadas 29 espécies vegetais (diâmetro maior do que 10 cm), com maior concentração de óleo de copaíba (*Copaifera langsdarffii*) e pindaíba (*Styrax*

ambiguum). As espécies encontradas distribuem-se por 16 famílias, com maior representatividade para as Leguminosae e Estiracaceae. Seu diâmetro médio é de 22,74 cm e sua densidade é de 625 árvores por hectare, dados da figura 1. Cabe salientar que, no passado, essas florestas foram submetidas a uma exploração seletiva, por isso apresentam pouca concentração de árvores cuja madeira tem elevado valor econômico.

O solo predominante sob a floresta tropical subperenifólia é o latossolo vermelho escuro. Porém, sua coloração vermelha é mais intensa em relação aos solos sob o cerradão, o que indica maior potencial de renovação de nutrientes, porque a intensidade da cor vermelha está relacionada com a hematita (Fe_2O_3). Esta, por sua vez, está ligada ao fósforo e a elementos traços, que são nutrientes essenciais às plantas. Esses solos são muito profundos, muito porosos e acentuadamente drenados. Têm caráter ácido e os mais elevados teores de matéria orgânica e nutrientes disponíveis para as plantas dentre os solos estudados. A ocorrência de vegetação de floresta nesses solos está relacionada com sua maior fertilidade natural e com seus teores de água disponível para as plantas, bem mais significativos do que nos solos sob os outros ecótipos florestais, como mostrado na figura 2.

Pelo que foi exposto, observa-se que há diferenças significativas nas propriedades e nas características dos solos entre os três ecótipos florestais estudados. A fertilidade natural — representada pelos valores T (capacidade de troca de cátions), S (soma de bases) e V (saturação com bases), o teor de matéria orgânica e o teor de água disponível — são mais elevados nos solos sob floresta, intermediários nos solos sob cerradão e bem mais baixos nos solos sob cerrado.

Assim, muitas espécies que só ocorrem na floresta ou cerradão poderão não se adaptar se forem plantadas em áreas anteriormente ocupadas por cerrado e vice-versa.

Da mesma forma que a vegetação é usada como referência para a determinação do regime hídrico e da fertilidade do solo, em áreas sem vestígios do ecótipo florestal original, propriedades e características do solo poderão ser usadas para



Na região de influência do braço sul do reservatório de Furnas (sul de Minas Gerais), foram identificadas áreas de floresta tropical subperenifólia (acima, vegetação de grande porte); cerrado (ao centro, vegetação baixa e tortuosa); e cerradão (abaixo, vegetação de porte intermediário).

recomposição da vegetação primitiva, minimizando os problemas de adaptação das espécies.

A porcentagem de cobertura original nativa na região do reservatório de Furnas (sul de Minas Gerais) é de aproximadamente 6%. Portanto, esta metodologia servirá como referência para programas de reflorestamentos com espécies nativas nessa área. As adjacências do reservatório, bem como regiões de declividade elevada, devem ser reflorestadas. Além disso, deve-se efetuar a recomposição das matas ciliares e a recuperação das matas remanescentes.

Alexandre Christóforo Silva

José Carlos de Campos

Instituto de Ciências Agrárias,
Universidade de Alfenas/MG

NÓS APOIAMOS A CIÊNCIA HOJE

CIÊNCIAHOJE



EDUCAÇÃO PARA O BRASIL



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE



UNIVERSIDADE FEDERAL
DA BAHIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ



CENTRO
BRASILEIRO DE
PESQUISAS
FÍSICAS - CBPF



Laboratório
Nacional de
Computação
Científica



FUNDAÇÃO
BIODIVERSITAS

RUA MARIA VAZ DE MELO, 71 - BAIRRO DONA CLARA
FONE (031) 443-2119 - FAX (031) 441-7037

FACEPE

FUNDAÇÃO DE AMPARO À
CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Governo do Estado de Pernambuco

BELEM - PA



FADESP

FUNDAÇÃO DE AMPARO
E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

FAPEAL

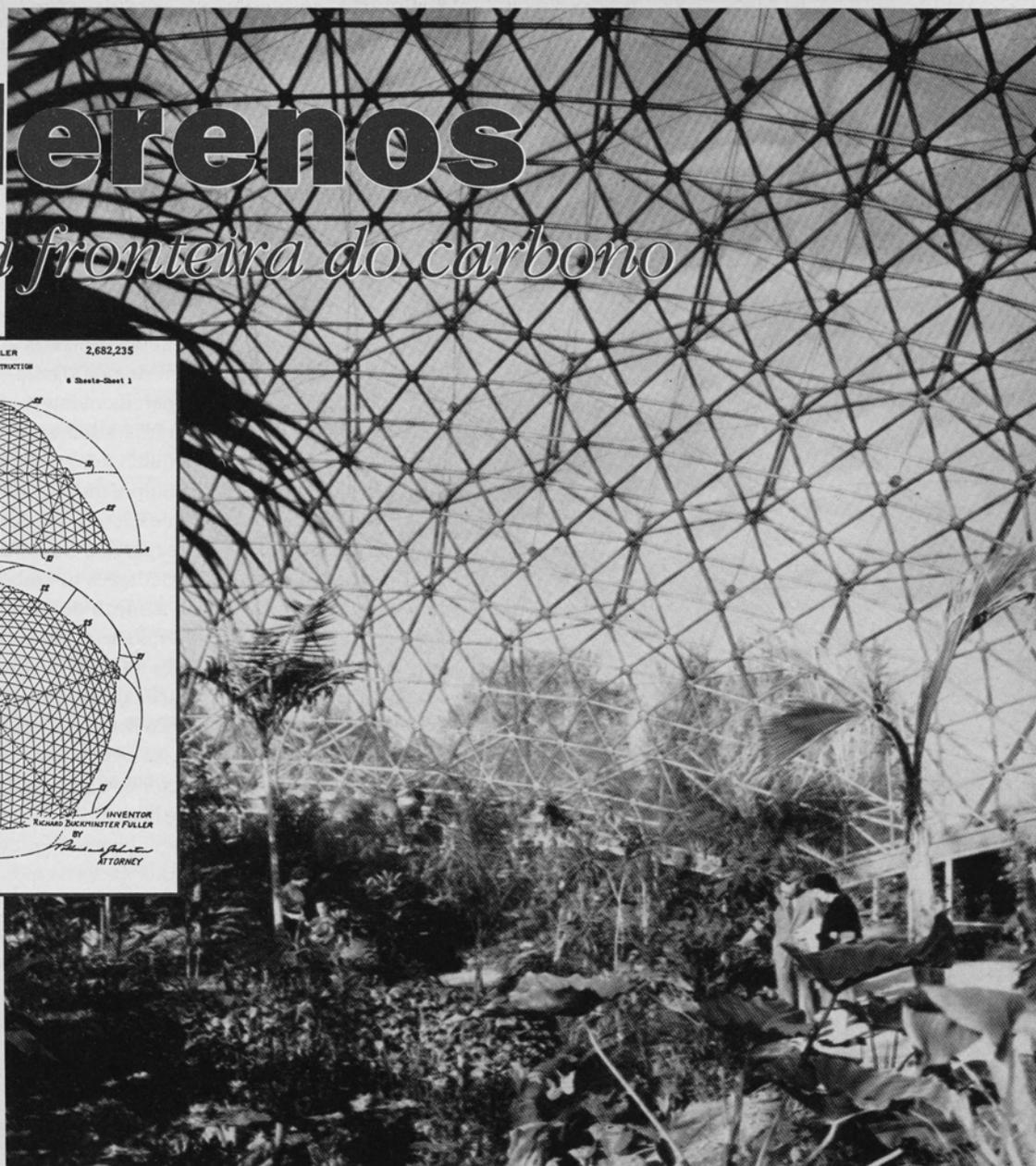
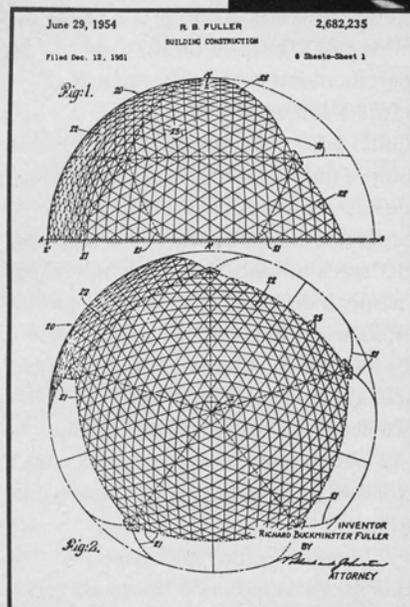
FUNDAÇÃO DE AMPARO À
PESQUISA DO ESTADO DE ALAGOAS

FAPEMA

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO MARANHÃO

Fulerenos

A nova fronteira do carbono



Manuel Nuñez Regueiro

*Centro de Pesquisas sobre Baixas Temperaturas, CNRS, Grenoble
Centro Atômico de Bariloche*

As duas únicas formas conhecidas do carbono eram, até bem pouco tempo, o grafite e o diamante. Novas formas desse elemento, descobertas nos últimos anos, desencadearam entre os cientistas muitas expectativas e exaustivas pesquisas. São os fulerenos, cujo representante mais significativo é a molécula de 60 átomos com forma de bola de futebol (ou da cúpula de Buckminster Fuller). Já se sabe que os fulerenos podem constituir fibras de carbono mais resistentes que as usadas atualmente, que são lubrificantes incomparáveis e que se comportam, reunidos a outros materiais, como supercondutores ou ferromagnetos orgânicos de elevada temperatura crítica. O autor deste trabalho descobriu ainda que, sob pressão, podem se transformar em diamante na temperatura ambiente.

De todos os elementos conhecidos, o carbono é o mais versátil, aquele que tem comportamento mais rico, elemento básico para a vida e também, cada vez mais, para nossa tecnologia em crescente progresso. Estamos longe, entretanto,

um aparelho que empregava um raio laser para vaporizar carbono a mais de 10 mil graus centígrados, com o objetivo de estudar o silício. Durante meses Kroto lhes pediu insistentemente que dedicassem algumas semanas ao estudo do carbono e quando sua proposta foi aceita viajou para o Texas.

Em primeiro lugar, eles reproduziram, sem nenhum problema, as moléculas mais simples que Kroto já havia estudado; em seguida, depois de dias e noites de trabalho intenso, rodeados de painéis mais complexos que os de um avião, diante de imagens que se sucediam em velocidade infernal, a intensa curiosidade de Kroto detectou algo de chamar a atenção: em quase todas as condições de trabalho, aparecia sempre uma molécula de 60 átomos de carbono (C_{60}).

Evidentemente, não podia tratar-se de uma casualidade e os estudantes S. Heath e J. O'Brien tentaram – e conseguiram – verificar o fato de maneira sistemática.

Os cinco pesquisadores compreenderam que haviam encontrado algo muito interessante e imediatamente se perguntaram qual seria a estrutura que permitia a essa molécula de 60 átomos ser tão estável. Em primeiro lugar, pensaram que deviam “construí-la” a partir de planos nos quais os átomos de carbono fossem vértices de hexágonos, tal como ocorre com o grafite, já que a nova molécula fora obtida por vaporização desta forma de carbono (ver ‘As diferentes faces do carbono’). Como Kroto é um admirador fanático do arquiteto R. Buckminster Fuller, que se distinguiu por suas cúpulas, feitas à base de faces hexagonais encurvadas graças à combinação com pentágonos (um exemplo é o pavilhão dos EUA na exposição de Montreal, em 1967), ele sugeriu a seus colegas que a molécula poderia ter uma estrutura redonda desse tipo. Lembrou, além disso, que fizera para seus filhos uma esfera celeste com tais características. Hoje é essa esfera que ele mostra em todas as suas conferências...

Na véspera de Kroto voltar para a Inglaterra, Smalley passou uma noite

sem dormir, tentando definir, por meio de tesouras, papel e fita adesiva, a estrutura procurada. Construiu então um triacontaedro (em grego, ‘trinta e duas faces’), cuja forma qualquer aficionado de futebol pode reconhecer imediatamente. Eles decidiram batizá-lo com o complicado nome de buckminsterfullereno, que logo foi reduzido para fulereno. De todos os modos, a imagem de uma bola de futebol, que através de passes potentes vai de um jogador a outro, aparentemente, sem sofrer danos, graças à sua estrutura simétrica e equilibrada, pode nos ajudar a compreender por que a molécula em questão era tão estável a ponto de reaparecer no laboratório sob diversas condições de trabalho e, assim, chamar a atenção do cientista que a descobrira. Como se pode apreciar na figura 1 (e é descrito em detalhe em ‘As diferentes faces do carbono’), os 60 átomos se localizam nos vértices de 20 hexágonos e 12 pentágonos, e cada um deles está em contato com dois hexágonos e um pentágono.

As ligações entre carbonos que constituem os lados de um pentágono são simples (pode-se dizer, de maneira simplificada, que por seu comprimento e seu ângulo são próximas do tipo sp^3 , típico do diamante, que se caracteriza por ser rígido e isolante) e as ligações que constituem lados comuns a dois hexágonos são duplas. Além disso, pelas mesmas razões, ficam próximas do tipo sp^2 , próprio do grafite, material formado eletricamente por planos condutores, que deslizam uns sobre os outros como cartas de um baralho novo. Do que foi dito, depreende-se que os fulerenos têm traços comuns tanto com a estrutura do diamante quanto com a do grafite, as duas outras formas do carbono.

Estes acontecimentos ocorreram em 1985, mas durante alguns anos – e apesar de muitos cientistas estarem ansiosos para estudá-las –, somente os cientistas teóricos e alguns poucos afortunados cientistas experimentais puderam dedicar-se às novas formas do carbono. A dificuldade de se chegar ao estudo dessas moléculas deve-se à ínfima quantidade de fulerenos (inferior

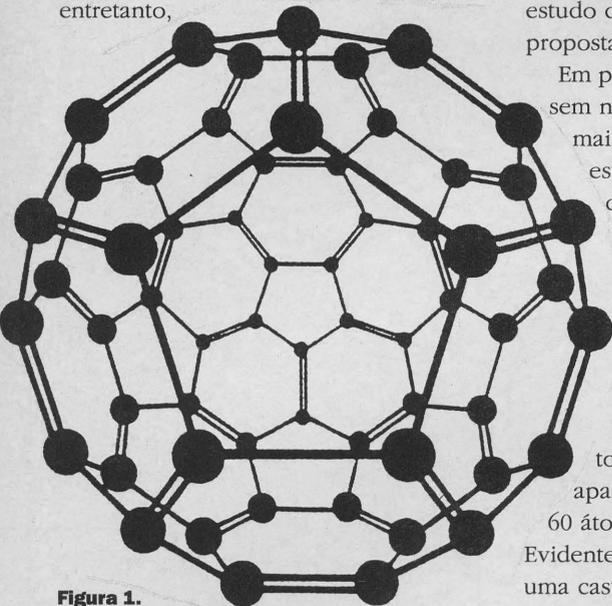


Figura 1.
O fulereno C_{60} com seus doze pentágonos, unidos por ligações duplas, e seus vinte hexágonos.

de conhecer todas as suas propriedades físicas e químicas, e as descobertas relacionadas a ele não cessam de nos surpreender.

Entre os químicos que se dedicaram durante os últimos anos ao estudo de novas moléculas de carbono se encontrava o inglês H. Kroto, que se interessou pelos cianopoliinos, cadeias de carbono terminadas, numa das extremidades, por um átomo de hidrogênio, e na outra por um de nitrogênio. Essas cadeias são abundantes na poeira emitida pelas relativamente frias estrelas vermelhas, e Kroto tinha uma idéia fixa: reproduzir na Terra as condições existentes em torno dessas estrelas, para poder produzir e estudar à vontade as novas moléculas e assim determinar quais eram as responsáveis por espectros não identificados de luz proveniente do espaço (ver ‘Espectros luminosos: as impressões digitais de átomos e moléculas’). Pôr em prática essa idéia (esse sonho) não parecia possível ao próprio Kroto até o dia em que R. Curl, seu velho amigo, o informou que havia desenvolvido no Texas, com R. Smalley,

ao micrograma) que é possível obter pelo método de vaporização a *laser*. Por isso, vários grupos de químicos – os primeiros interessados nesse tipo de investigação – começaram a buscar com empenho um método mais ‘generoso’.

Espectros luminosos: as impressões digitais de átomos e de moléculas

Os cientistas estabeleceram em fins do século passado que a radiação, por exemplo a luz, emitida por um corpo incandescente, dependia da natureza do corpo. Como qualquer pessoa pode facilmente comprovar, observando a iluminação pública de sódio ou de mercúrio, o sódio quando vaporizado toma uma coloração laranja, correspondente a determinada frequência da radiação, enquanto o mercúrio dá uma cor azulada.

No elemento mais simples, o hidrogênio, pôde-se determinar uma relação matemática entre as diferentes frequências emitidas, fato que conduziu à compreensão da estrutura atômica. Diferentemente de um satélite artificial, que pode dar voltas à Terra em qualquer órbita que a NASA deseje, o elétron solitário que orbita em torno do único próton do hidrogênio pode ocupar apenas um determinado número de órbitas. Quando se esquentar o elemento, dá-se energia a este elétron, o qual se desloca para órbitas de energia mais alta, de onde volta a decair para a órbita de energia mais baixa. Este retorno se dá de maneira não necessariamente direta, mas rebatendo ‘escada abaixo’ por diversos caminhos e emitindo, cada vez que rebate, luz de uma determinada frequência. Assim, ao se separar com um prisma a radiação de um corpo incandescente, vêem-se linhas distintas que correspondem aos diferentes níveis ou ‘degraus’.

Estas séries de linhas, os espectros, são tão características de cada átomo e molécula como as impressões digitais. Em 1868, graças a esse tipo de estudo, P. Janssen e J. Lockyer descobriram, na atmosfera do Sol, linhas que não correspondiam a nenhum elemento conhecido na Terra e que foi batizado

A solução veio por um caminho inesperado. Dois físicos – o alemão W. Krätschmer, de Heidelberg, e o americano D. Huffman, do Arizona – haviam se dedicado juntos, durante cerca de vinte anos, ao estudo da

fumaça de carbono produzida num forno de arco entre dois eletrodos de grafite em atmosfera inerte. Em 1990, diante da suspeita de que em sua fuligem havia fulerenos, que são aromáticos, aplicaram o princípio

convenceram de que tinham encontrado o método de fabricação de fulerenos ao qual nos referimos no texto principal.

de hélio (em grego, o Sol). Esta descoberta desencadeou a busca do hélio na Terra, onde foi achado trinta anos depois, tornando-se de capital importância para a nossa civilização atual.

Uma história semelhante é a que se refere à descoberta do C_{60} . Desde 1973, conhecem-se espectros de emissão formados por linhas estreitas e largos patamares provenientes do gás que rodeia certo tipo de estrelas e que não correspondem a nada conhecido sobre a Terra. Kroto já havia sintetizado em seu laboratório a molécula de HC_5N , que logo pôde ser detectada no espaço, e não tinha ‘candidato’ para explicar os outros espectros; por isso queria similar as condições existentes perto das estrelas e ver se cadeias de 20 ou 30 átomos também eram viáveis. Porém, com o grupo do Texas, ele deparou com o C_{60} que, embora não explicasse os espectros misteriosos – talvez seu derivado, $C_{60}H_{60}$ (figura 2), venha a explicá-los –, acabou sendo de grande importância para a química do carbono e para a muito concreta ciência dos materiais.

A utilidade dos espectros não termina aqui. Quando Krätschmer e Huffman estudavam os espectros ultravioletas da fumaça, formados em seu forno de arco e em atmosfera de hélio, sempre viam um espectro não identificado em forma de ‘corcova de camelo’, e ao se inteirarem da existência do C_{60} pensaram que este poderia explicar a misteriosa ‘corcova’. Assim o comprovaram, embora tenham demorado a fazê-lo: só depois de estender seu equipamento até o infravermelho e de ver que as quatro linhas principais, calculadas pelos teóricos para o C_{60} , estavam no espectro de sua fuligem (figura 3) é que se

fumaça de carbono produzida num forno de arco entre dois eletrodos de grafite em atmosfera inerte. Em 1990, diante da suspeita de que em sua fuligem havia fulerenos, que são aromáticos, aplicaram o princípio

convenceram de que tinham encontrado o método de fabricação de fulerenos ao qual nos referimos no texto principal.

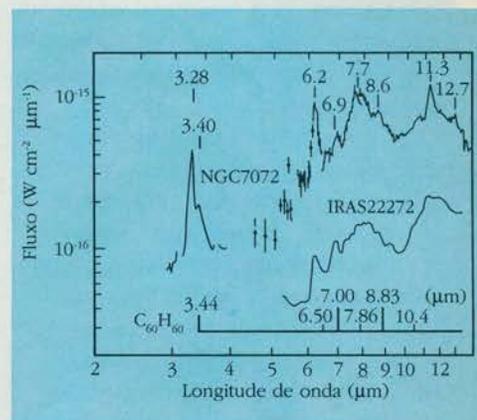


Figura 2. Espectros estelares de emissão correspondentes aos astros NGC7072 e IRAS22272: os picos não identificados, cujo comprimento de onda é assinalado, estimularam H. Kroto a iniciar o estudo que conduziu ao descobrimento do C_{60} . Sobre um eixo horizontal estão indicadas as linhas correspondentes ao $C_{60}H_{60}$, que poderiam explicar alguns dos picos observados.

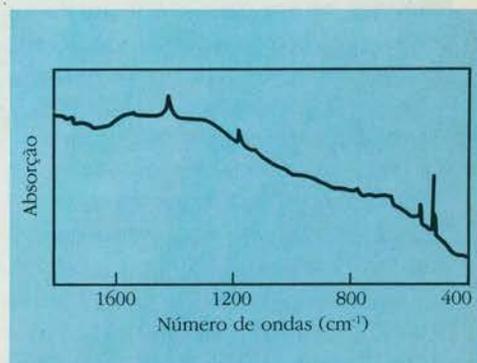


Figura 3. Espectro infravermelho da fuligem que Kratschmer e Huffman obtiveram em seu forno. Os quatro picos que se observam no espectro correspondem às frequências que os físicos teóricos haviam calculado para o C_{60} . Esta coincidência convenceu os pesquisadores de que haviam obtido o fulereno.

As diferentes faces do carbono

Os átomos têm uma tendência definida a formar com seus elétrons externos uma 'camada fechada', constituída em geral por oito dessas partículas. Porém, como as diferentes camadas eletrônicas devem ser preenchidas com o número fixo de elétrons próprio a cada elemento, não é em todos os casos (apenas no caso dos gases nobres) que se dispõe do número exato requerido pela camada externa: pode acontecer que haja mais ou menos que oito. É precisamente para cumprir a exigência da camada cheia, que alguns elementos têm tendência a ceder elétrons e outros a recebê-los.

O carbono, que dispõe de quatro elétrons, está numa situação intermediária, pois tanto pode perdê-los (neste caso, a camada anterior passa a ser externa) como completá-los. Entretanto, sua conduta habitual não corresponde a nenhuma dessas situações, pois prefere formar as denominadas ligações covalentes. Isto significa que, em vez de dar ou tomar elétrons, os divide com, por exemplo, outro carbono. Obedece assim, de certa forma, à regra da camada cheia. Nestas condições, os elétrons ocupam lugares bem definidos, podendo originar dois tipos de configurações chamadas sp^2 e sp^3 . Na configuração sp^2 , um de cada três elétrons se localiza em lóbulos dispostos em um plano a 120° um do outro, enquanto o quarto elétron ocupa um par de lóbulos menores, de um lado e do outro do referido plano (figura 4a). Na configuração sp^3 , os quatro elétrons se repartem em lóbulos alinhados na direção dos vértices de um tetraedro imaginário, que tem em seu centro o núcleo (figura 4b).

Com esses 'ladrilhos' pode-se construir diferentes estruturas. Se ordenamos os carbonos de acordo com a configuração sp^2 , interconectando-os pelos lóbulos que se encontram a 120° , formaremos um plano de hexágonos. Empilhando essas camadas de maneira 'frouxa', obtemos o grafite (figura 5a). Os planos podem resvalar facilmente uns sobre os outros e, por tal razão,

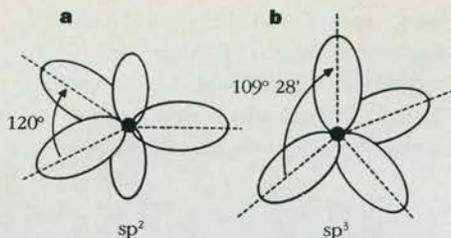


Figura 4. (a) Configuração sp^2 do carbono. O esquema mostra como se distribuem espacialmente os quatro elétrons periféricos no caso do grafite. (b) Configuração tetraédrica sp^3 , característica do diamante.

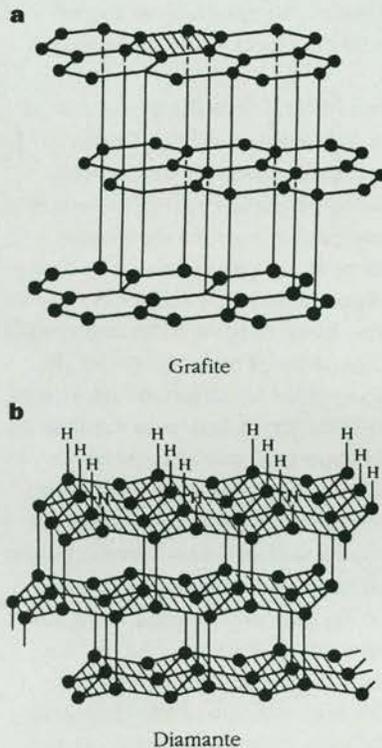


Figura 5. (a) Estrutura em camadas hexagonais do grafite. (b) Estrutura de empilhamento de tetraedros de diamante.

este material se comporta como um bom lubrificante. Da mesma forma, os elétrons perpendiculares ao plano, por não estarem conectados rigidamente com os das camadas vizinhas, se deslocalizam (deixam de pertencer a um átomo e passam a pertencer a outro) e, por esta razão, o grafite é um semimetal. Em troca, se reunimos carbonos conforme a configuração sp^3 , formaremos uma rede intrincada, na qual cada elétron é compartilhado rigorosamente por dois átomos. Trata-se do diamante, que é extremamente duro e isolante (figura 5b).

Até 1985 conheciam-se apenas estas

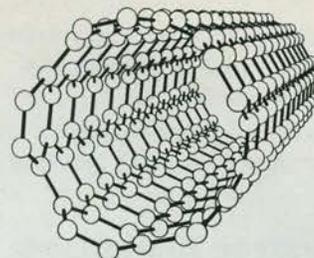


Figura 6. Tubo formado por uma lâmina de grafite enrolada. Se for fechado com meio C_{60} em cada extremidade, o tubo se transforma em uma fibra de carbono extremamente estável e resistente.

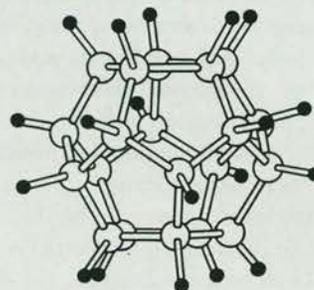


Figura 7. Molécula de $C_{20}H_{20}$ com forma de dodecaedro similar à do menor fulereno, o C_{20} , que é instável. Os átomos de hidrogênio responsáveis pela estabilização da molécula estão representados em negro.

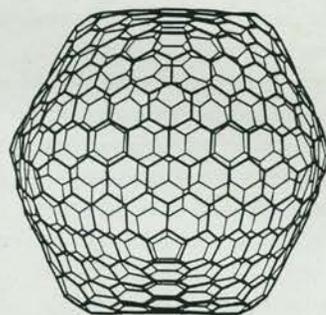


Figura 8. O fulereno gigante C_{540} . E eles podem ser ainda maiores.

duas formas ordenadas do carbono puro, e a irrupção da família dos fulerenos causou uma grande comoção. Como são eles formados? Partindo dos planos do grafite, constituídos por hexágonos, é possível encurvar uma de suas faces e fechá-la, formando um tubo (figura 6). Entretanto, nunca vai ser possível fechar as pontas conservando os hexágonos. Este tipo de problema geométrico foi estudado no século XVIII pelo matemático suíço L. Euler, que encontrou uma fórmula que permite deduzir o número de faces que um poliedro côncavo deve ter para fechar-se em um espaço euclidiano.

Esta relação é:

$$12 = 3f_3 + 2f_4 + 1f_5 + 0f_6 - 1f_7 - 2f_8 - \dots$$

em que f_n é o número de faces com n lados. No caso do carbono, por sua natureza, só é possível pensar em faces de cinco ou seis lados, se queremos uma superfície fechada. Disto resulta que, para fechar um plano grafítico sobre si mesmo, sempre vamos necessitar de 12 pentágonos (o número de hexágonos é irrelevante, por causa do coeficiente zero). Nossa molécula de C_{60} tem 20 hexágonos e os 12 pentágonos regulamentares.

O menor dos fulerenos, C_{20} , é o que tem só 12 pentágonos, com os quais se forma um dodecaedro regular (figura 7). Três das ligações de seus átomos formam entre si ângulos de 108° , típicos dos pentágonos, e portanto próximos aos $109^\circ 28'$ que correspondem às ligações sp^3 do tetraedro característico do diamante. Razões energéticas fazem com que a quarta ligação seja compelida a adotar um ângulo equivalente, tendendo a satisfazer a configuração tetraédrica. Em consequência, o C_{20} não fica estável. Só é possível estabilizá-lo acrescentando um hidrogênio a cada um dos átomos, de modo tal que se constitua o hidrocarboneto alicíclico $C_{20}H_{20}$. Este, sintetizado pela primeira vez em 1983, é muito estável.

Não se conhecem fulerenos estáveis menores que o C_{60} . É muito provável que nessas moléculas, nas quais sempre há dois pentágonos em contato, domine a configuração sp^3 . O C_{60} é a menor estrutura na qual isso ocorre como vimos na figura 1. Cada átomo ocupa o vértice de dois hexágonos e um pentágono, numa configuração intermediária entre o sp^2 e o sp^3 . Muitas das interessantes propriedades desse material, como a supercondutividade e a facilidade para transformar-se em diamante, podem ter sua raiz nesta indefinição entre as duas configurações.

Nos fulerenos maiores, quando é maior o número de hexágonos, a importância dos doze pentágonos e sua tendência à configuração sp^3 se torna menos relevante. Assim, um fulereno gigante como o C_{540} (figura 8) deve se parecer bastante com o grafite.

químico de "igual dissolve igual" e colocaram benzeno, o aromático por excelência, sobre a fuligem. Uma bela coloração de vinho do porto apareceu instantaneamente: os fulerenos haviam se dissolvido no benzeno! Logo que a solução se evaporou, obtiveram-se pequenos cristais negros, macios e brilhantes, que consistiam numa mescla de C_{60} (90%) e C_{70} (10%). A descoberta desta forma simples de fabricar fulerenos desencadeou a euforia ainda em curso.

Logo que o resultado foi conhecido, R. Haddon, químico de origem australiana que até aquele momento havia trabalhado em aspectos teóricos do tema, lançou-se na produção da fuligem promissora. Obteve um primeiro resultado interessante quando mediou a magnetização dos fulerenos. Observou que, ao contrário do que acontece com os demais aromáticos, o diamagnetismo (propriedade de ser repelido pelos ímãs) do C_{60} era muito fraco. Esse resultado se explicaria pela presença dos pentágonos (vinculados aos enlaces sp^3), que dificultavam a livre circulação das correntes elétricas internas (correntes de Lenz) que se opõem à influência de campos magnéticos exteriores nos materiais diamagnéticos. Em apoio a essa idéia havia o fato de que outro fulereno, o C_{70} , que justamente tem uma proporção menor de pentágonos, mostrara ser mais diamagnético que o benzeno.

Depois de ter obtido esses interessantes resultados, Haddon decidiu investigar a possibilidade de que os fulerenos dopados pela agregação de lítio, um metal capaz de ceder elétrons, fossem supercondutores. (Supercondutividade é a propriedade apresentada por certos materiais esfriados a temperaturas próximas de zero absoluto de não oferecer resistência nenhuma ao fluxo da corrente elétrica. A supercondutividade adquiriu grande relevo nos últimos anos, quando se descobriu que certos materiais cerâmicos eram supercondutores a "altas" temperaturas, isto é, a temperaturas que, embora muito menores que a temperatura ambiente, estão bem mais próximas dela que a dos supercondutores

tradicionais. – Ver 'Supercondutividade', em *Ciência Hoje*, nº 49).

Em fins de 1990, Haddon realizou um seminário em seu laboratório da AT&T Bell com a intenção de reunir colaboradores que o acompanhassem na difícil tarefa de obter o composto com lítio, porém a equipe formada nessa ocasião não alcançou, neste sentido, nenhum resultado positivo. Entretanto, depois de meses de trabalho, um dos colegas de Haddon, A.F. Hebard, ao observar a resistência elétrica de uma camada fina de C_{60} que absorvia vapor de potássio a $250^\circ C$, exclamou: "Mas ela está se tornando metálica!" (de fato, sabemos agora que os metais alcalinos em fase de vapor se intercalam entre as moléculas de C_{60} e lhes transferem seus elétrons, transformando o fulereno de semicondutor em metálico).

Os pesquisadores logo baixaram a temperatura, para determinar se o composto obtido tornava-se supercondutor; viram que isso acontecia e constataram, com surpresa, que tinha uma temperatura de transição ao estado supercondutor da ordem de 17 graus Kelvin (K), ou seja, cem vezes mais elevada que a do composto equivalente de grafite e potássio. Depois, uma mescla de rubídio proporcionou uma temperatura de transição de 28 K e, em seguida, outros grupos descobriram que o composto com céσιο era supercondutor a 33 K. Os fulerenos ingressaram assim no seleto grupo dos supercondutores de alta temperatura crítica.

Por que os fulerenos se transformam em supercondutores de temperatura mais elevada que o grafite? Duas diferenças existentes entre estas formas de carbono poderiam ser consideradas relevantes, se admitirmos que os deslocamentos de átomos são responsáveis pela atração entre elétrons, imprescindível para que se produza o fenômeno da supercondutividade.

A primeira dessas diferenças é que, enquanto no grafite cada átomo de carbono tem, conforme assinalamos, um elétron deslocalizado, no fulereno esse elétron passa a fazer parte de uma

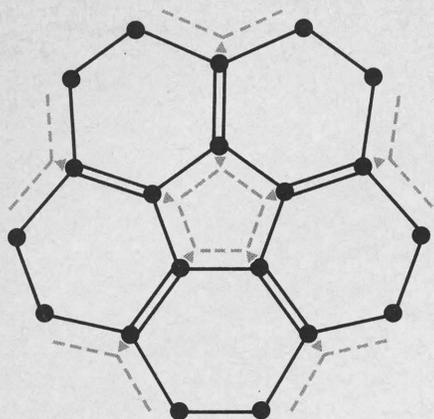


Figura 9. No fulereno, quando o tamanho de um pentágono varia pelo movimento dos átomos, as ligações duplas que convergem para seus vértices são muito afetadas. A interação entre os elétrons e os átomos, responsável pela supercondutividade, aumenta. No grafite, a ligação dupla se encontra deslocalizada, e este efeito não tem lugar.

ligação dupla. Conjectura-se que essas ligações duplas permitem que o movimento dos átomos estimule a mencionada atração entre elétrons (figura 9).

A segunda diferença significativa está no fato de que a rede de átomos de carbono é plana no grafite e curva no fulereno, característica que, como a figura 10 indica, favorece o solapamento dos lóbulos perpendiculares à rede, típicos dos enlaces sp^3 . Quando os átomos de carbono se movem, este solapamento favoreceria a atração entre elétrons vizinhos. Porém nem todos os pesquisadores admitem que esses argumentos intuitivos sejam a resposta à questão colocada, e a busca de uma explicação teórica continua em aberto.

O grupo do químico F. Wudl, da Universidade de Santa Bárbara, Califórnia, foi um dos primeiros a lançar-se na difícil tarefa de purificar o C_{60} com a intenção de estudar suas propriedades químicas e a síntese tanto de moléculas de fulereno quanto de compostos baseados nele. Um primeiro passo, quase de rotina neste tipo de pesquisa, foi determinar se o C_{60} é uma molécula que aceita ou entrega elétrons, o que permite prognosticar propriedades e reativos adequados. As pesquisas de Santa Bárbara demonstraram que a tendência dessa molécula é para receber elétrons, já que, ao aplicar um potencial elétrico a uma solução C_{60} , conseguiram agregar-lhe até seis elétrons sem que fosse possível retirar um sequer. Era evidente que seria relativamente fácil formar compostos com metais, que são doadores de elétrons, mas ficaria difícil obtê-los com receptores de elétrons, por exemplo com halogênios, sem alterar excessivamente a molécula de 60 carbonos.

Num primeiro momento, trabalhou-se em parceria com outros laboratórios, utilizando metais alcalinos, mas logo decidiu-se experimentar os radicais orgânicos fortemente redutores, isto é, com forte tendência a serem doadores. Foram feitas pesquisas com o muito reativo tetrakis (dimetilamino) etileno, TDAE, sendo obtido um composto

definido, cuja suscetibilidade magnética foi medida pelo húngaro K. Holczer, em experimentos destinados a encontrar, mais uma vez, a supercondutividade. A surpresa de Holczer foi grande quando de fato encontrou, a 16 K, uma transição, porém não para um estado totalmente diamagnético, próprio de uma substância supercondutora, e sim para uma fase ferromagnética.

Os fulerenos quebraram mais uma vez um recorde, o da temperatura de transição para o ferromagnetismo dos compostos orgânicos, cujos níveis máximos se encontravam em torno de 1 K. A molécula de TDAE, de forma quase cilíndrica, havia modificado o empilhamento normal das esferas de C_{60} , produzindo uma deformação capaz de alterar as propriedades eletrônicas o bastante para que se verificasse o comportamento observado. Esta deformação não poderia ser induzida no grau necessário pelos metais alcalinos, excessivamente esféricos.

O cristalógrafo japonês S. Iijima sempre se interessou pelo carbono, sobretudo pelo estudo das partículas achadas na fuligem. Quando se inteirou do descobrimento da molécula esférica de C_{60} , foi em busca de umas fotografias que já tinha publicado em 1980. Era possível ver nelas umas partículas esféricas de carbono, cujo corte recordava o de uma cebola: parecia que planos de grafite haviam se enrolado sobre si mesmos entre 20 e 30 vezes. Iijima enviou as fotografias para Kroto, que nelas viu a confirmação de seu modelo de crescimento para o C_{60} . De fato, Kroto supõe que, ao se formar, os fulerenos nem sempre se fecham com correspondência, mas que, em condições não muito favoráveis, suas bordas ficam afastadas, e as moléculas continuam crescendo da mesma forma que um caracol.

Para Iijima, este fato significava algo muito importante. Na sua opinião, o método otimizado de fabricação do C_{60} encontrado por Krätschmer e Huffman podia ser a base de uma microarquiteta do carbono que permitiria criar novas estruturas. Mais ainda, essas estruturas talvez já estivessem ali, na fuligem residual do

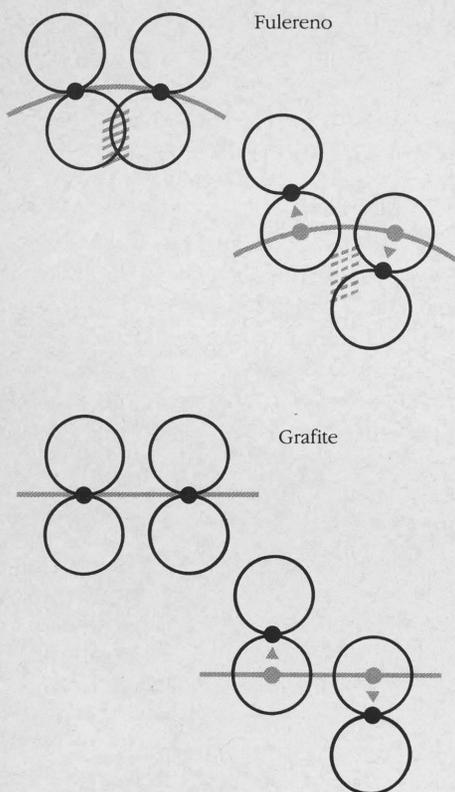


Figura 10. A curvatura da superfície do fulereno acentua o contato entre os lóbulos eletrônicos das ligações sp^2 perpendiculares a esta superfície. O movimento dos átomos produz uma variação acentuada deste contato, que tem como resultado a interação entre os elétrons e os átomos, responsável pela supercondutividade. Esse efeito não é relevante no grafite, cujas lâminas de átomos são planas.

C_{60} , ou nos restos das barras de grafite empregadas, que ninguém parara para analisar. Ele fez isso e viu, sob o microscópio eletrônico, uns filamentos muito finos, de entre cinco a sete nanômetros de largura. Pareciam fibras de carbono similares àquelas de melhor qualidade utilizadas na indústria, as quais têm um núcleo amorfo rodeado por uma película de grafite e terminam, segundo o método de fabricação, de maneira desordenada ou com uma partícula metálica. Ao incrementar o aumento de seu microscópio, ele comprovou aspectos essenciais que as aproximavam do que poderia considerar como uma fibra de carbono ideal: eram compostas por vários cilindros concêntricos de grafite fechados na ponta com meio fullereno.

As análises teóricas mostraram posteriormente que essas fibras devem ser extremamente resistentes, muito flexíveis e praticamente inquebráveis. Por outro lado, dependendo do modo como o grafite se enrola, algumas seriam metálicas, outras semicondutoras, e outras ainda isolantes. Um novo campo de pesquisas com importantes aplicações práticas acabava de se abrir.

Em Lausanne, Suíça, o argentino D. Ugarte iniciou o estudo do C_{60} e de todos os outros produtos ligados à produção de fulerenos utilizando um microscópio de alta resolução. Os primeiros passos foram decepcionantes: o C_{60} não pôde ser analisado porque, em consequência do calor proveniente do intenso feixe eletrônico, desintegrava-se antes de que se pudesse concretizar a imagem. Entretanto, teve mais sorte com outros produtos e observou várias estruturas, com camadas grafiticas acomodadas das mais diversas maneiras.

Durante seus estudos, ele notou que, se mantivesse o feixe durante um tempo suficiente sobre o mesmo ponto da amostra, o aquecimento provocava um efeito curioso: a estrutura evoluía, passando da ausência de uma ordem global à formação de um cacho de bolas de grafite que eram extremamente resistentes ao calor e não se desintegravam com o feixe. Segundo mostrou em análise detalhada, essas

estruturas compunham-se de um C_{60} central rodeado por sucessivos fulerenos. Chegavam a encapsular-se assim, uma dentro da outra, até cerca de 20 moléculas. Na realidade, estruturas semelhantes já haviam sido imaginadas, mas ninguém ainda havia conseguido observá-las (figura 11).

Seriam essas bolinhas fullerênicas os rolamentos do futuro? Quando o C_{60} foi descoberto, especulou-se sobre a

possibilidade de que fosse um excelente lubrificante, devido à sua forma esférica e às débeis forças de Van der Waals que mantêm as moléculas juntas. De fato, os cristais de C_{60} são muito macios e, na temperatura ambiente, este fullereno é melhor lubrificante que o grafite. Porém ele apresenta um problema grave para um lubrificante: na presença do oxigênio, torna-se muito pouco resistente à temperatura e a sua combustão começa a 200° C. Para alguns pesquisadores, a solução se encontrava na síntese da molécula $C_{60}F_{60}$, que, segundo os cálculos teóricos, devia ser estável e com tão pouca fricção quanto o teflon. Entretanto, no início do ano passado, esta molécula foi obtida por um grupo de trabalho inglês, que comprovou, contra todas as expectativas, que ela era muito pouco estável e não servia como lubrificante. Daí a importância atribuída aos fulerenos encaixados como bonecas russas, embora ainda não haja uma quantidade de material suficiente para realizar provas concretas.

Sabe-se que as camadas grafiticas são muito resistentes e elásticas. Ao se tomar conhecimento da existência de uma molécula que em certas aproximações pode ser considerada como um plano de grafite fechado sobre si

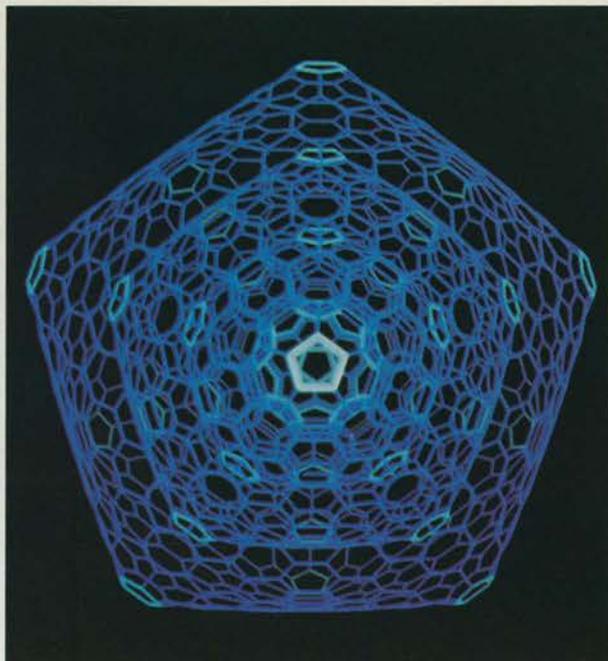


Figura 11. Fulerenos encaixados, ideais como lubrificantes. No caso real, a forma é mais arredondada que a da ilustração.

mesmo, era natural imaginar que fosse dura e indeformável. Simetria semelhante, com os 60 átomos ocupando posições equivalentes, teria que dar lugar a uma estrutura muito resistente. Tão resistente que, na opinião de alguns cientistas, devia ser mais dura e incompressível que o diamante, o material mais duro que se conhece. Entretanto, as moléculas de C_{60} se atraem muito debilmente e permanecem afastadas umas das outras, de modo que o sólido é muito macio e compressível: porque há muito espaço vazio entre as moléculas, a aplicação de uma pressão o faz mudar muito facilmente de volume.

Ao aplicar altas pressões, um grupo de trabalho americano observou que, a 200.000 atmosferas, o volume tinha diminuído em 35%, o que constitui uma variação muito importante. O resultado positivo que esta pesquisa trouxe foi que a molécula esférica se manifestou estável até essas pressões em condições hidrostáticas (ver 'Hidrostaticidade, não hidrostaticidade e a resistência do ovo'). Também se observou que, se a pesquisa era realizada em condições de pressão não hidrostática, acima das 150.000 atmosferas, as moléculas se reorganizavam em um novo empilhamento.

Hidrostaticidade, não hidrostaticidade e a resistência do ovo

O ovo é resistente à ruptura? Diante desta pergunta, o senso comum responde que não, que para que um ovo se rompa basta apoiá-lo sobre um vidro de geléia. Na realidade, este seria o resultado de uma pressão extremamente não hidrostatica. O peso do vidro se apoia sobre uma superfície muito pequena do ovo, dando lugar a uma pressão totalmente não homogênea ou não hidrostatica, de aproximadamente 100 atmosferas. Se decidirmos comprovar qual será a pressão hidrostatica (a força repartida de maneira homogênea por toda a superfície) a que o ovo resiste, poderemos submergi-lo no mar, para ver a que profundidade ele arrebenta. A água reparte homogênea seu próprio peso, aplicando uma pressão hidrostatica sobre nosso humilde e aparentemente condenado objeto de estudo (figura 12).

Experimentos equivalentes nos levam a concluir que é melhor não acompanhar o ovo em sua imersão, pois ele pode chegar ao fundo da mais profunda fossa do Pacífico (cerca de 1.000 atmosferas) sem se romper. A frágil casca do ovo, apoiando-se em seu interior líquido, resiste a pressões

Como dissemos, se se transforma o C_{60} em um metal por meio da dopagem com metais alcalinos, o composto é um supercondutor de alta temperatura crítica. Existem outras maneiras de transformar os semicondutores em metais. O silício (o semicondutor básico de toda a tecnologia eletrônica), quando é submetido a uma pressão de 100.000 atmosferas, transforma-se em um metal com temperatura crítica supercondutora de 6 K. Essa experiência fora realizada em um aparelho de pressão de bigornas construído por J.M. Miggnot no laboratório de baixas temperaturas de Grenoble. Graças à cooperação franco-argentina, esta bomba de pressão havia cruzado o Atlântico várias vezes e realizaram-se alguns estudos em Bariloche.

hidrostaticas muito maiores que estas (a 6.000 atmosferas a casca continuou intacta, porém a clara coagulou). Por outro lado, com uma pressão não hidrostatica, o esforço não se reparte homogênea e o ovo se rompe. O modo de aplicar a pressão é fundamental nesse tipo de estudo.

Com o C_{60} acontece aproximadamente a mesma coisa. Se aplicarmos uma pressão hidrostatica, a molécula, submetida a forças homogênea distribuídas sobre sua superfície, resiste a mais de 200.000 atmosferas. Quando se trabalha com essas altas pressões, é muito difícil distribuir a força de maneira homogênea: habitualmente há um ligeiro componente não hidrostatico que se traduz, por exemplo, num gradiente de pressão. Este problema é um desafio para os cientistas da área, que tratam de evitá-lo ou minimizá-lo, porque só uma medição em condições hidrostaticas é considerada boa. Entretanto, isto nem sempre acontece.

Em nosso laboratório, durante as medições de resistividade sob pressão, podíamos medir esse gradiente em um manômetro de chumbo colocado dentro da célula de pressão, o que nos

Uma vez que tinha esse instrumento à sua disposição, o autor do presente trabalho, com o apoio de P. Monceau, decidiu que valia a pena procurar medir a resistência elétrica do C_{60} sob pressão, para observar se ocorreria algo semelhante. Embora não fosse fácil medir a resistividade da fuligem, conseguiu preparar, depois de tentativas pacientes, uma amostra que acima das 50.000 atmosferas era suficientemente condutora para deixar-se medir.

Ao aumentar a pressão, a resistividade elétrica diminuiu, crescendo as expectativas de que o material estivesse se aproximando de uma fase metálica. Subitamente, acima das 150.000 atmosferas, a amostra tornou-se isolante. A princípio atribuiu-se o efeito a um problema de contatos elétricos, porém depois de testar com

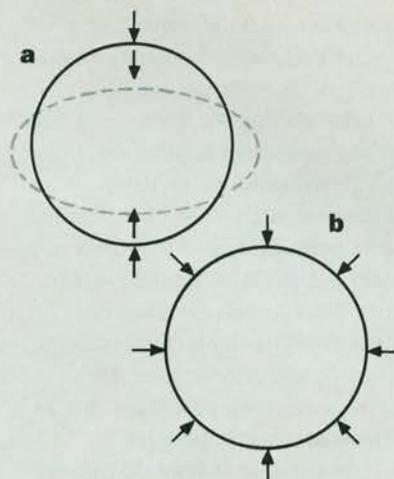


Figura 12(a). Uma esfera comprimida uniaxialmente. A pressão não hidrostatica pode causar sua ruptura. **(b)** Uma pressão hidrostatica exerce uma força distribuída homogênea sobre toda a esfera, e é mais fácil de suportar.

permitia ter uma idéia da não hidrostaticidade. Comprovamos assim que quanto maior o gradiente de pressão, menor era a pressão em que a amostra se tornava isolante. Isto ajudou a tomar a decisão de eliminar o meio homogenizador de pressão e deixar apenas a amostra, o que causou (como no caso do ovo), a quebra das moléculas de C_{60} sob a pressão não hidrostatica e sua transformação em diamante na temperatura ambiente.

várias amostras, impôs-se a evidência de que o C_{60} não se tornava metálico sob alta pressão, mas que, com a ajuda da não hidrostaticidade da pressão, passava a uma fase isolante.

Neste momento, o enfoque do experimento mudou: se, ao aproximar as moléculas, o recobrimento de seus orbitais não levava a um estado condutor de eletricidade, era possível que se estivessem formando ligações de tipo diamante (sp^3) entre as esferas do C_{60} e que talvez se formasse uma fase de esferas interconectadas com novas propriedades. Porém a quantidade da amostra que podia ser utilizada em cada experimento era extremamente pequena e, além disso, estava rodeada pelo meio homogeneizador de pressão. Decidi então retirar tudo, exceto a amostra e o anel de retenção de pirofilita, e

O diamante

Durante séculos, o diamante foi apenas uma pedra preciosa, de muito valor para a joalheria mas com pouca ou nenhuma aplicação prática. Já no século XVIII sabia-se que era composto unicamente de carbono. E surgiu imediatamente a idéia: como transformar um negro pedaço de carvão em um precioso diamante? O volume específico do diamante é aproximadamente a metade do que corresponde ao grafite e, portanto, evidentemente, se havia um modo de conseguir isso era aplicando pressão.

No século XIX várias tentativas foram empreendidas. Dissolvia-se o carvão em um metal fundido que em seguida era esfriado rapidamente na água, ou então ele era esquentado, segundo receitas quase mágicas, em tubos de aço herméticos, até que estes quase explodiam. A despeito das proclamações de êxito, essas tentativas nunca puderam ser reproduzidas.

O advento das técnicas desenvolvidas por P. Bridgman permitiu atingir pressões superiores a 500.000 atmosferas, porém nem ele próprio conseguiu a transformação, mesmo sabendo-se que, acima de 20.000 atmosferas, o diamante é a fase estável

do carbono (figura 7).

A interpretação física é simples: no diamante, como no grafite, existem anéis hexagonais, porém eles não têm a mesma disposição relativa, e a rede do grafite teria que se quebrar para dar lugar ao diamante. Isto, do ponto de vista energético, é muito difícil de conseguir.

Depois da segunda guerra mundial prevaleceu a idéia de que se devia copiar a suposta via de formação do diamante natural: os planos grafiticos teriam que ser rompidos, dissolvidos em ferro fundido (a cerca de 1.300° C), e submetidos a pressões em torno de 100.000 atmosferas. O carbono dissolvido em excesso poderia, assim, precipitar-se sob a forma de cristais de diamante. Isto era mais fácil de dizer do que de fazer, e só em 1955 cientistas da General Electric publicaram resultados que mostravam os primeiros diamantes sintéticos obtidos por este método, que atualmente fornece 80% dos diamantes comerciais (de até 50mm³!).

Outros métodos foram desenvolvidos depois. Através de violentas explosões, o grafite é submetido a pressões que superam as 100.000 atmosferas e temperaturas de mais de 2.000° C, que permitem obter diamante policristalino, inútil como jóia, porém mais útil que os diamantes monocristalinos quando o que se pretende é polir. Deve-se levar

em conta que, atualmente, a parte de diamantes dedicada à joalheria é, em número e valor monetário, insignificante diante daquela utilizada pela indústria. Dos diamantes comercializados por um valor aproximado de três bilhões de dólares, três quartos correspondem a ferramentas de corte e abrasivos (que se baseiam em sua extraordinária dureza), e o resto a diversas aplicações, como rolamentos ou partes delizantes (o diamante não se gasta e tem um baixo índice de fricção), trefiladoras, aplicações médicas, e para retirar o calor de peças eletrônicas (aproveitando sua condutividade térmica, que é maior do que a de qualquer outro material conhecido).

As novas técnicas de crescimento de camadas de diamante, por meio da deposição em fase gasosa, podem ampliar ainda mais o campo de ação. As metas mais imediatas são fazer películas de proteção sobre qualquer substrato e, mais importante ainda, desenvolver uma eletrônica super-rápida com diamante, em lugar de silício. Mesmo sem saber todas as aplicações que podem surgir quando for um produto de uso amplo, podemos afirmar que a tecnologia do futuro dependerá do diamante muito mais do que a atual, que seria inoperante se ele não existisse.



Figura 13. Antes da compressão, o C₆₀ não se distingue da fuligem comum.

aumentar a pressão a um ritmo de aproximadamente 10.000 atmosferas por minuto. Logo, a cerca de 250.000 atmosferas, escutei uma ligeira explosão e, ao abrir a cela, comprovei que a fuligem (figura 13) com o qual iniciara a compressão havia se transformado numa pastilha brilhante, amarelada, translúcida (figura 14).

Esta foi imediatamente levada ao laboratório vizinho, de cristalografia, onde, como previamente fora combinado, se realizaria a análise do que se pensava ser uma nova fase do C₆₀. Apesar de todos os esforços, J. Hodeau não encontrou nada que se parecesse com o C₆₀: este havia desaparecido completamente. Observou, em troca, no espectro de difração de raios X, linhas correspondentes à bem conhecida fase

do diamante cúbico. Não era um composto novo, mas era a primeira vez que se obtinha um diamante em temperatura ambiente. Uma vez mais os fulerenos nos davam uma grande surpresa quanto a suas enormes possibilidades práticas (ver 'O diamante'). A figura 15 mostra, em um diagrama de fases, em que condições de pressão e temperatura obtiveram-se transformações do grafite em diamante e do diamante em grafite. Inclui-se no diagrama a transformação do fulereno em diamante.

São várias as razões pelas quais o C₆₀ se transforma em diamante mais facilmente que o grafite. Em primeiro lugar, diferentemente do grafite, cada átomo se encontra em uma configuração intermediária entre a sp², grafite, e a sp³, diamante. Em segundo

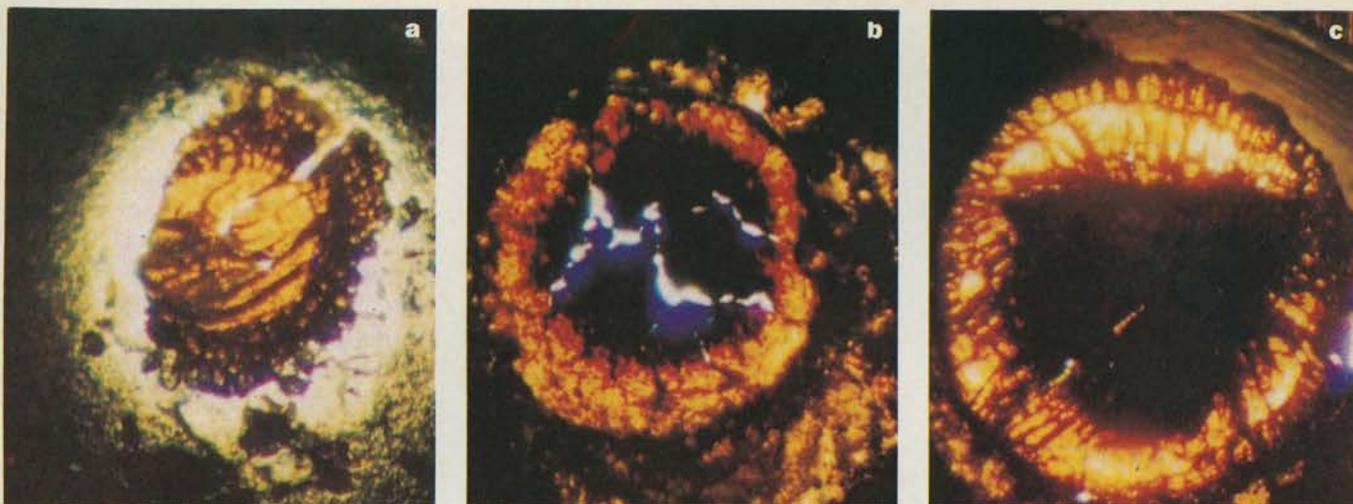


Figura 14. (a) Primeiro diamante obtido em temperatura ambiente. (b) Caso em que o gradiente de pressão não hidrostática ocorreu na periferia da amostra (anel amarelado); o centro em negro corresponde à parte que não se transformou em diamante; o aro externo, de cor acinzentada, é a junta de retenção da pirofilita. (c) Amostra em que o gradiente de pressão foi obtido graças a um corpo duro imerso nela (o triângulo negro).

lugar, ao aproximar as moléculas, podem-se gerar estruturas (talvez sejam efetivamente geradas durante o processo), nas quais 48 dos 60 átomos de cada molécula estão na coordenação tetraédrica do diamante. Em terceiro lugar, a energia de formação do C_{60} não é desprezível comparada à do grafite ou à do diamante e, quando as moléculas se rompem pela ação da pressão não hidrostática, essa energia se libera e os átomos podem se redistribuir mais facilmente.

A possível utilização industrial da síntese do diamante a partir dos

fulerenos se baseia, então, no seguinte: utilizando um simples e econômico forno de arco, transformamos o muito estável grafite em um estado intermediário, o C_{60} , no qual os átomos estão em posições mais adequadas para a transformação em diamante e que, além disso, inclui a energia necessária para a transformação. Como esta transformação é instantânea, os átomos não têm tempo de se ordenar totalmente e o resultado é diamante policristalino, que pode ser utilizado em aplicações industriais, mas não tem nenhum interesse como pedra preciosa.

Para concluir, queremos enfatizar o fato de que toda esta verdadeira revolução não se desencadeou porque uma pessoa, trabalhando com a obrigação de obter resultados rentáveis a curto prazo, teve a idéia de fabricar uma nova forma do carbono com propriedades práticas espetaculares. Não. Cientistas dedicados à pesquisa básica, enquanto estudavam a possibilidade de reproduzir o que ocorre no Universo há milhões de anos-luz, descobriram algo diferente, que agora os cientistas de materiais estão experimentando em múltiplas aplicações industriais. Uma vez mais se comprova a verdade que as palavras de Pasteur encerram: "Não existem ciências aplicadas, só aplicações da ciência".

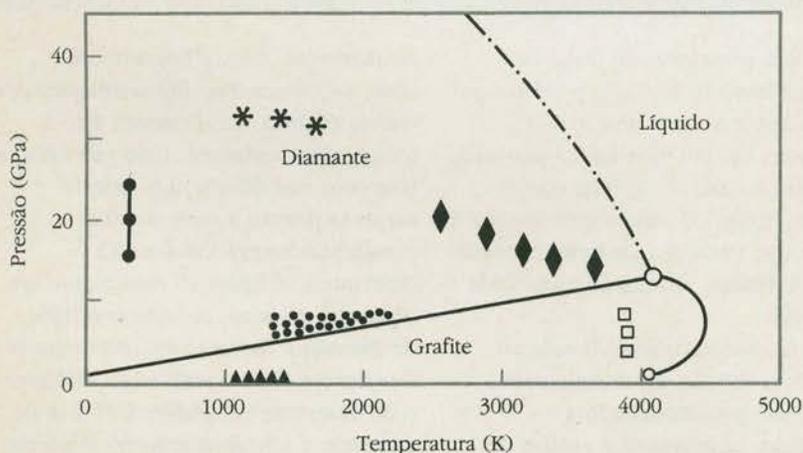


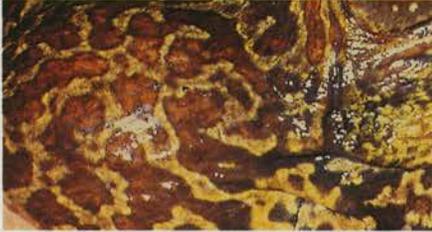
Figura 15. O diagrama de fases do carbono mostra sob que pressões e temperaturas este se apresenta como diamante, grafite ou líquido. No esquema se indicam as condições sob as quais foram produzidos diferentes tipos de transição entre a fase grafite e a fase diamante. Nos casos representados por quadrados, o diamante se transforma rapidamente em grafite; naqueles representados por losangos ocorre o processo inverso. As estrelas assinalam situações nas quais, sob alta pressão, o grafite se converte subitamente em diamante. Os triângulos correspondem à formação de películas de diamante depositadas por vapores, sob pressão normal, e os pontos à produção catalítica de diamantes. Os círculos unidos por barras indicam a transformação de fulerenos em diamantes, em temperatura ambiente, conseguida pelo autor e seus colaboradores.

Sugestões para leitura

- 'The molecule of the year: C_{60} ', *Science*, vol. 254, no. 5.039, 1991.
- CURL R.F. e SMALLEY R.E., 'Fullerenes', *Scientific American*, vol. 265, no. 4, 1991.
- HUFFMAN D., 'Solid C_{60} ', *Physics Today*, vol. 44, no. 11, 1991.
- KROTO H., 'Space, stars, C_{60} and soot', *Science*, vol. 242, no. 4.882, 1988.
- NÚÑEZ REGUEIRO M., 'Suie et diamant', *Pour la Science*, no. 174, 1992.
- 'Les fullerènes: Ces molécules fabuleuses', *La Recherche*, no. 244, 1992.
- SMALLEY R.E., 'Great balls of carbon', *The Science*, vol. 1, no. 1, 1991.

Este artigo foi publicado originalmente em *Ciência Hoy*, nº 20, vol. 4. Traduzido para o português por Maria Ignez Duque-Estrada.

A DEFESA QUÍMICA DOS ANFÍBIOS



Antonio Sebben

Carlos Alberto Schwartz

Departamento de Ciências Fisiológicas,
Universidade de Brasília.

Jader dos Santos Cruz

Departamento de Bioquímica e Imunologia,
Universidade Federal de Minas Gerais.

A pele dos anfíbios é um verdadeiro arsenal de produtos químicos naturais, com diversificadas atividades biológicas. Embora algumas espécies contenham toxinas extremamente potentes, esses animais são considerados inofensivos ao homem por não possuírem mecanismos para inocular veneno e pela natureza pacífica de seu comportamento. Ao que tudo indica, tais compostos fazem parte de um complexo sistema de defesa passiva dos anfíbios e, a exemplo das magaininas – peptídeos com atividade cicatrizante e antimicrobiana –, deverão contribuir para o desenvolvimento de novos antibióticos.

Os anfíbios constituem uma classe de vertebrados situada filogeneticamente entre os peixes e os répteis e estão agrupados em três ordens: Gymnophiona (anfíbios sem membros, conhecidos vulgarmente por cobra-cega); Caudata ou Urodela (que reúne as salamandras e os tritões); e Anura (que reúne os sapos, rãs e pererecas). Não trazem prejuízos ao homem, pois não se alimentam de frutas ou grãos (como muitas aves, roedores e insetos), não são agressivos (como certos carnívoros), não transmitem enfermidades graves (como muitos insetos e mamíferos) nem possuem mecanismo para inoculação de veneno, como as serpentes, certos peixes, os aracnídeos e alguns insetos. Além disso, cumprem importante papel no controle das populações de insetos e outros invertebrados, o item principal de sua dieta alimentar.

A pele dos anfíbios desempenha uma série de funções vitais, destacando-se a respiração, o transporte de água e solutos, a regulação da temperatura corpórea e a defesa contra o ataque de microorganismos e predadores. A manutenção da umidade da superfície externa da pele, condição fundamental para a difusão dos gases respiratórios (respiração cutânea), é garantida pela copiosa secreção de muco produzido pelas glândulas mucosas.

Um segundo tipo de glândula dérmica — as glândulas granulosas, geralmente maiores que as mucosas e presentes em maior número na pele dorsal — é encontrado em praticamente todas as espécies de anfíbios (figura 1). A estas glândulas se atribuem as funções de produção e armazenamento de substâncias bioativas, que são liberadas sobre a pele do animal em situações de estresse. Nos sapos comuns, como *Bufo paracnemis* (figura 2), é evidente a presença, atrás dos olhos, das glândulas parotóides, um acúmulo de glândulas granulosas, capazes de estocar grande quantidade de secreção. Elas estão presentes também em algumas espécies de salamandras e em pererecas do gênero *Phyllomedusa*.

Da pele de anfíbios já foram isolados até o momento mais de 300 compostos bioativos, pertencentes a cinco grupos químicos: amins biogênicas, peptídeos, proteínas hemolíticas, alcalóides e esteróides. Farmacologicamente, esses compostos atuam como irritantes locais, cardio, mio e neurotoxinas, agentes colinomiméticos, simpatomiméticos, alucinogênicos, agentes citotóxicos e inibidores do crescimento de microorganismos. Embora se saiba que alguns desses compostos protegem a pele dos anfíbios contra o crescimento de bactérias, fungos e protozoários e participam de um eficiente sistema de defesa contra o ataque de predadores, seu exato papel na vida desses animais ainda não está

suficientemente esclarecido (ver 'Origem dos compostos bioativos da pele de anfíbios').

O conhecimento dessas substâncias e sua ocorrência nas diversas espécies tem contribuído para se entender melhor as relações entre os anfíbios e outros animais. A determinação taxonômica (quimiotaxonomia) de tais substâncias vem permitindo sua utilização como 'ferramentas farmacológicas', devido à ação altamente específica de algumas delas, e possibilitando a elucidação de certos fenômenos fisiológicos em membranas excitáveis.

A despeito de sua composição química, praticamente todas as secreções da pele dos anfíbios, em maior ou menor grau, irritam as mucosas. Após o manuseio de determinadas espécies, alguns indivíduos podem apresentar reações alérgicas nas mãos, mesmo que não tenham lesões na pele.

Os sapos eram tidos, na antigüidade, como animais extremamente venenosos. Na Idade Média a secreção de sua pele era empregada na elaboração de numerosos venenos que, segundo sua composição, podiam determinar morte lenta ou rápida. A utilização das secreções de anfíbios não teve, porém, fins estritamente maléficos. No oeste e no sudeste da Ásia, utiliza-se há séculos o veneno de sapos do gênero *Bufo* em preparados galênicos denominados Ch'an Su ou Senso, empregados no tratamento de sinusites, resfriados, inflamações locais e dor de dente. Trata-se provavelmente do primei-

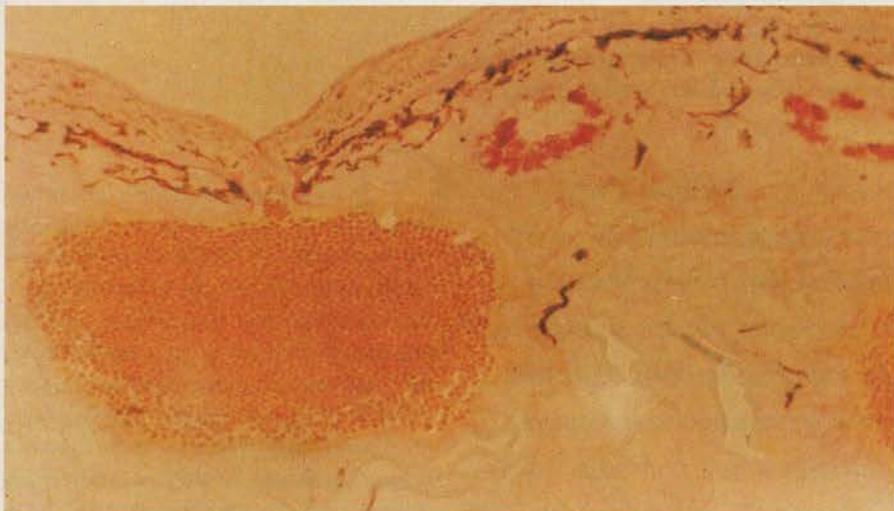


Figura 1. Corte histológico da pele de *Odontophrynus cultripes* exibindo duas glândulas mucosas (pequenas) e uma granulosa cortada na região do ducto. Reação com ácido periódico de Shift (PAS); aumento de 290 vezes.



Figura 2. Macho adulto de *Bufo paracnemis* (sapo comum), encontrado em todo o território brasileiro.



Figura 3. *Phyllomedusa bicolor*, popularmente conhecida como perereca-da-amazônia.

ORIGEM DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DA PELE DE ANFÍBIOS

Existem atualmente duas hipóteses para explicar o desenvolvimento evolutivo das substâncias bioativas encontradas na pele de anfíbios. O pesquisador alemão Gerhard Habermehl propõe que elas teriam evoluído com a função primária de proteger esses animais do ataque de microorganismos. No entanto, contra essa hipótese há o argumento de que, embora alguns dos compostos presentes na secreção cutânea dos anfíbios apresentem atividade antibiótica, a maioria deles não tem essa propriedade. Já o químico norte-americano John Daly sugere que, do ponto de vista evolutivo, esses compostos atuariam na defesa contra predadores em duas modalidades: compostos ativos de ocorrência geral e altamente difundidos, tais como os peptídeos e as aminas biogênicas, seriam produzidos e estocados em grande quantidade nas glândulas da pele e teriam uma função secundária de defesa; novos compostos biologicamente ativos, freqüentemente com estruturas complexas, seriam elaborados para uma função primária de defesa, como por exemplo os alcalóides dos dendrobatídeos. A hipótese de Daly é fundamentada por fatos como: muitos peptídeos e aminas biogênicas são neurotransmissores comuns aos vertebrados; esses compostos seriam, por alguma razão ainda desconhecida, concentrados em glândulas da pele dos anfíbios, onde passariam a desempenhar uma função secundária de proteção. Certos esteróides, como os presentes no veneno de *Bufo*, apresentam atividade reguladora da sódio-potássio-ATPase da pele dos anfíbios, quando presentes em baixas concentrações. Esse sistema enzimático desempenha importante papel na manutenção da homeostasia dos anfíbios. Novamente aqui uma condição anormal teria desencadeado, em algumas espécies, a capacidade de acumular grandes quantidades desses compostos, fazendo com que eles passassem a desempenhar uma função secundária de defesa.

ro e mais antigo uso de um veneno de origem animal em terapêutica.

Em artigo publicado, em 1966, no volume 33 da revista *Memórias do Instituto Butantan*, a herpetóloga Bertha Lutz relata que os índios Tucana usam a secreção da pele de *Phyllomedusa bicolor* (figura 3) para tratar da indisposição gástrica provocada por bebidas alcoólicas e alimentação pesada. A secreção da pele dessas pererecas tem várias substâncias capazes de induzir vômito. Os primeiros estudos para isolar e caracterizar química e farmacologicamente os princípios ativos das secreções cutâneas dos anfíbios data de meados do século passado.

No Brasil, Lacerda Filho foi um dos pioneiros, pesquisando venenos de *Bufo*. No início do século, Vital Brazil, apesar de dedicar-se principalmente ao estudo de venenos de serpentes, publicou diversos trabalhos sobre as secreções cutâneas de anfíbios brasileiros. Mais recentemente destacaram-se os pesquisadores José Ribeiro do Valle, Paulo Sawaya, Erasmo Garcia Mendes, Domingos Valente, Paulo

Pasquarelli, Antonio José Lapa e Reymond Zelnik.

Muitos estudiosos destes animais relatam casos, inclusive experiências pessoais, de intoxicação produzida pelo simples manuseio de determinadas espécies de rãs ou pererecas. Tais observações, aliadas ao estudo das interações entre anfíbios e outras espécies animais, constituem importante fonte de orientação primária para o desenvolvimento de pesquisas com determinadas espécies.

O conhecimento da biologia e da identidade taxonômica das espécies a serem estudadas é, portanto, pré-requisito para o início da pesquisa de compostos bioativos da pele de anfíbios. As espécies que pesquisamos vêm sendo identificadas pelo professor Werner Bokermann, da Fundação Parque Zoológico de São Paulo. Há hoje no Brasil diversos pesquisadores que se dedicam à biologia, taxonomia, fisiologia e ecologia dos anfíbios. Nosso grupo tem desenvolvido estudos de bioquímica e farmacologia das secreções cutâneas de diversas espécies de anfíbios. Juntamente com o histologista Sérgio F.

de Oliveira, da USP, temos procurado estabelecer uma correlação entre as substâncias ativas e as características histológicas e ultra-estruturais das glândulas dérmicas dos anfíbios.

A composição e a concentração das substâncias ativas presentes na pele dos anfíbios podem variar segundo a espécie, o estágio de desenvolvimento e a distribuição geográfica (ver 'Estruturas moleculares de compostos isolados da pele de anfíbios'). Das três ordens de anfíbios, as cobras-cegas são o grupo menos estudado. *Siphonops annulatus* e *Typhlonectes compressicaudus* são as duas únicas espécies que tiveram suas secreções cutâneas pesquisadas até o momento; ainda assim, os resultados obtidos são preliminares e pouco esclarecedores. Entre as salamandras, destaca-se a ocorrência de alcalóides e de proteínas citotóxicas em representantes das famílias Salamandridae e Plethodontidae. O único representante brasileiro desse grupo (*Bolitoglossa altamazonica*) ainda não foi investigado sob esse aspecto. Alcalóides do grupo da samandarina — que apresenta potente atividade convulsivante em mamíferos — ocorrem em *Salamandra maculosa*, espécie européia conhecida como 'salamandra de fogo'.

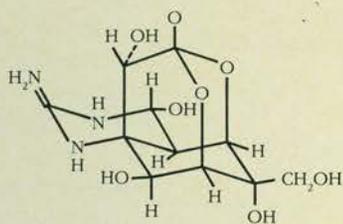
Tais compostos foram isolados e caracterizados quimicamente pelo pesquisador alemão Gerhard Habermehl. Proteínas citotóxicas com marcante atividade hemolítica têm sido isoladas da pele de diversas espécies de salamandras européias e asiáticas dos gêneros *Triturus* e *Pseudotriton*.

A ocorrência da potente neurotoxina tetrodotoxina (TTX) foi descrita pela primeira vez, em anfíbios, em salamandras da Califórnia (*Taricha torosa*). Inicialmente foi isolada de peixes tetraodontiformes, conhecidos no Brasil por 'baiacus'. Após ter sido descrita em outros animais marinhos, descobriu-se que a TTX é produzida por bactérias simbiotes, isoladas geralmente do trato gastrointestinal desses animais. Entre os anfíbios, a TTX foi ainda encontrada na pele de anuros do gênero *Atelopus*, que ocorre na América Central e na região norte da América do Sul.

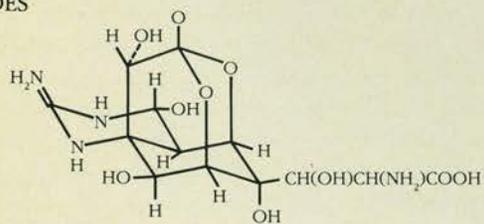
Além da TTX, foi descrita a ocorrência de chiriquiteoxina (CTX) em *Atelopus*

ESTRUTURAS MOLECULARES DE COMPOSTOS ISOLADOS DA PELE DE ANFÍBIOS

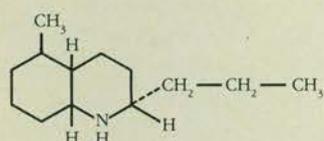
ALCALÓIDES



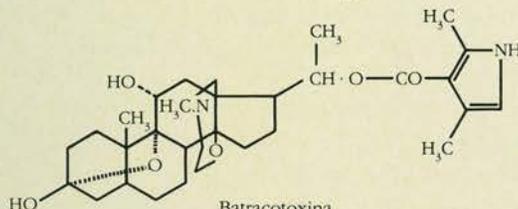
Tetrodotoxina



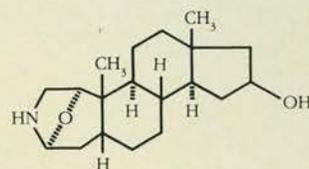
Chiriquitoxina



Pumiliotoxina-C

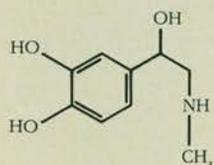


Batracotoxina

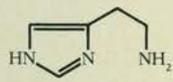


Samandarina

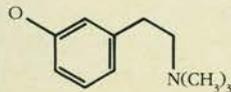
AMINAS BIOGÊNICAS



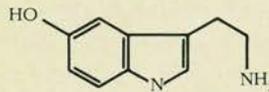
Adrenalina



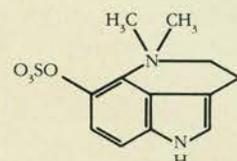
Histamina



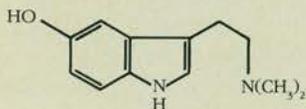
Leptodactilina



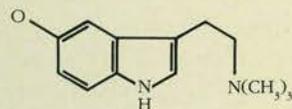
Serotonina (5HT)



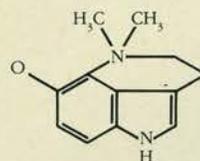
Bufotionina



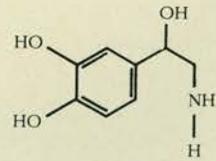
Bufotenina



Bufotenidina

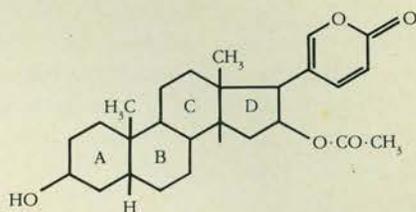


Dehidrobufotenina

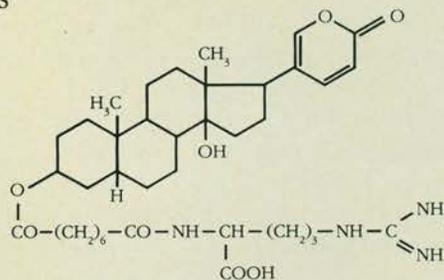


Nor-adrenalina

ESTERÓIDES



Bufotalina



Bufotoxina

PEPTÍDEOS

(1) Gly-Ile-Gly-Lys-Phe-Leu-His-Ser-Ala-Gly-Lys-Phe-Gly-Lyz-Ala-Phe-Val-Gly-Glu-Ile-Met-Lys-Ser

(2) Gly-Ile-Gly-Lys-Phe-Leu-His-Ser-Ala-Lys-Lys-Phe-Gly-Lys-Ala-Phe-Val-Gly-Glu-Ile-Met-Asn-Ser

Magaininas (1 e 2)

chiriquiensis, e zetekitoxina, em *A. zeteki*, que apresenta marcante atividade cardiotoxica. Sua estrutura, porém, ainda não foi determinada. A TTX e a CTX bloqueiam os canais de sódio voltagem-dependentes de membranas excitáveis, impedindo a propagação de impulsos nervosos, como fazem os anestésicos locais, sendo, no entanto, muito mais ativas do que estes. Sua ação neurotóxica induz, em animais de laboratório, dispnéia, convulsões e morte por paralisia respiratória.

A primeira ocorrência de uma neurotoxina semelhante à TTX em espécies brasileiras de anfíbios foi descrita por nosso grupo na pele e em outros tecidos de *Brachycephalus ephippium* (figura 4), pequeno anuro que ocorre na Mata Atlântica das regiões sudeste e sul. As primeiras evidências a respeito da toxicidade desse curioso sapinho nos foram comunicadas em meados de 1979 por Elio Gouvea, à época pesquisador do Parque Nacional do Itatiaia (RJ).

Em pesquisa desenvolvida no Instituto de Biociências da USP, por A. Sebben, evidenciou-se a ocorrência de uma neurotoxina que passamos a chamar Efipiotoxina (ETX), que apresenta uma série de características físico-químicas e farmacológicas semelhantes às da TTX. Uma possível origem bacteriana da ETX está sendo investigada pela bióloga Elisabeth N.F. Schwartz.

O conhecimento atual sobre a ocorrência de aminas biogênicas e de peptídeos em pele de anfíbios deve-se principalmente aos trabalhos das equipes de Vittorio Erspamer, da Universidade de Roma, na Itália, e de José M. Cel, da Universidade de Cuyo, na Argentina, que, desde o final da década de 1950 até hoje, já estudaram cerca de 600 espécies de todo o mundo.

As aminas biogênicas destacam-se dos demais compostos bioativos encontrados na pele de anfíbios por sua ampla distribuição entre representantes de diversas famílias de anuros. Muitas delas são mediadores químicos bastante comuns entre os animais, e algumas, como a serotonina, são encontradas também em vegetais. Entretanto, ao contrário dos vegetais e da maioria dos tecidos de outros animais, na pele dos anfíbios esses compostos são produzidos e estocados em



Figura 4. Macho adulto de *Brachycephalus ephippium* (sapinho-amarelo). Endêmico da Mata Atlântica, ocorre do sul da Bahia ao Paraná.



Figura 5. Macho adulto de *Leptodactylus ocellatus* (rã comum), amplamente distribuído pelo território brasileiro.



Figura 6. Fêmea adulta de *Leptodactylus labyrinthicus* (rã-pimenta).

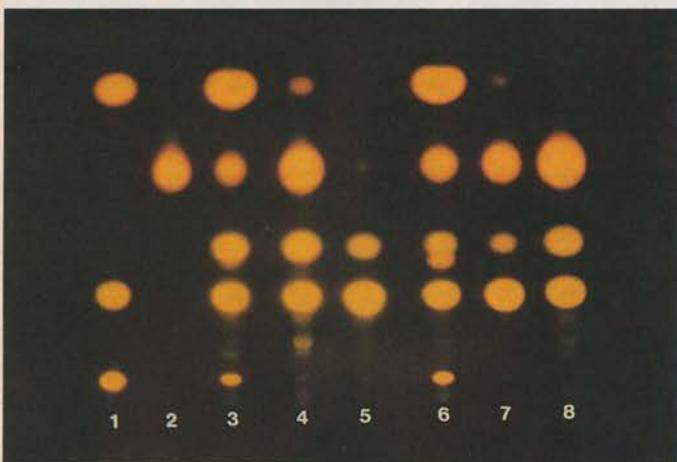
grande quantidade. Em alguns casos, a concentração pode atingir níveis da ordem de dezenas de miligramas por grama de tecido fresco.

Catecolaminas, como adrenalina, noradrenalina e dopamina ocorrem em diversas espécies de sapos do gênero *Bufo*. Da pele da rã sul-americana *Leptodactylus ocellatus* (figura 5), foi isolada a leptodactilina, uma amina fenólica com potentes ações nicotínica ganglionar e bloqueadora neuromuscular. A presença da leptodactilina tem sido demonstrada em diversas espécies da família Leptodactylidae.

Diversas imidazolalquilaminas (compostos do grupo da histamina) estão presentes em grandes concentrações na pele

da rã-pimenta, como são conhecidas as rãs das espécies *Leptodactylus labyrinthicus* (figura 6) e *L. pentadactylus*. A elas atribui-se a ação irritante provocada pelo manuseio prolongado desses animais, que consiste na aparecimento de reações alérgicas como urticária, irritação das mucosas nasais e oculares, lacrimejamento e espirros. A musculatura dessas rãs, no entanto, é isenta de material ativo, podendo ser ingerida sem problemas.

No grupo das aminas indólicas (indolalquilaminas) há um grande número de compostos, todos derivados do triptofano. Sem dúvida, o mais comum é a serotonina (5-HT), que teve sua ocorrência descrita em diversos representantes das famílias Salamandridae, Bufonidae, Discoglossidae,



7 | 8 Figura 7. Fêmea adulta de *Odon-*
9 | 10 *tophrynus cultripes*.

Figura 8. Macho adulto da perereca *Hyla albomarginata*.

Figura 9. Cromatografia em camada delgada de aminas biogênicas do veneno de algumas espécies brasileiras de *Bufo*: 1. bufotenidina, dehidrobufotenina e bufotenina (de baixo para cima); 2. serotonina; 3 a 8. veneno das glândulas parotóides das seguintes espécies: *Bufo arenarum* (3), *B. crucifer* (4), *B. ictericus* (5), *B. paracnemis* (6), *B. marinus* (7), *B. rufus* (8). Revelação: Ortoftalaldeído, fotografado sob luz ultravioleta.

Figura 10. Glândula parotóide de *B. paracnemis* comprimida manualmente: gotículas de veneno lançadas após a compressão (pontinhos claros) e secreção amarela junto aos dedos.

Hylidae, Ascaphidae, Leptodactylidae, Ranidae, Pelobatidae, Rhinodermatidae, Myobatrachidae e Pipidae.

Em alguns casos, como no leptodactilídeo *Odontophrynus cultripes* (figura 7), a concentração de 5-HT no veneno bruto equivale a 12% de seu peso seco. Derivados N-metilados de 5-HT, como bufotenina, bufotenidina, dehidrobufotenina e os sulfoconjugados bufotonia e bufoviridina estão presentes em diversas espécies de sapos e pererecas (figura 8). Algumas

dessas aminas são apresentadas no cromatograma correspondente à figura 9. A cromatografia em camada delgada é uma das técnicas mais empregadas no isolamento de substâncias de baixo peso molecular, como é o caso da maioria dos compostos presentes na pele de anfíbios. A atividade farmacológica mais característica das aminas indólicas é a ação estimulante em musculatura lisa. Com raras exceções, os músculos lisos extravasculares são contraídos por ação dessas substâncias. Muitas delas apresentam ainda ação irritante em mucosas.

Além de aminas biogênicas, o veneno de sapos do gênero *Bufo* contém uma série de esteróides, conhecidos como bufadienólides. Essa substância, com marcante atividade cardiotônica e cardiotoxica, é a principal responsável pelos envenenamentos causados em animais domésticos como cães e gatos, podendo levá-los à morte por parada cardíaca e convulsões violentas. No caso do homem, o contato do veneno com os olhos pode causar irritação intensa e persistente.

Eventualmente são relatados na litera-

tura médica casos de pessoas intoxicadas por veneno de sapos. No entanto, os sapos são incapazes de inocular seu veneno voluntariamente, podendo a secreção ser lançada a certa distância quando as glândulas parotóides são comprimidas (figura 10). A urina do sapo e outros anfíbios também não é capaz de envenenar seres humanos, uma vez que tem princípios ativos. Recentemente foi demonstrado que uma espécie de salamandra é capaz de ejetar sua secreção cutânea diante de determinados estímulos. A secreção cutânea de certas espécies de Hylidae do gênero *Phrynobryas* (figura 11) é liberada quando os animais são aprisionados (ver 'A defesa contra predadores').

Em 1959, a equipe de Vittorio Erspamer purificou pela primeira vez um polipeptídeo (composto formado por resíduos de aminoácidos unidos por ligações peptídicas) obtido a partir da pele de anfíbios. Essa substância, isolada da pele de *Physalaemus fuscumaculatus* (figura 12), denominada fisalemina, tem po-

A DEFESA CONTRA PREDADORES



A serpente *Hydrodynastes gigas* (boipevaçu) abocanha um sapo (*B. paracnemis*).

Muitas substâncias presentes na pele dos anfíbios atuam como irritantes em mucosas ou têm ações sistêmicas sobre possíveis predadores. De modo geral, a ação rápida dessas substâncias faz com que os predadores libertem suas presas ainda vivas ou passem a limitar esse item na composição de sua dieta. Isso, no entanto, não lhes confere necessariamente uma defesa indiscriminada. Há relatos de que certas espécies tóxicas são predadas impunemente por determinados animais, como as serpentes *Waglerophis merremii* (boipeva) e *Hydrodynastes gigas* (boipevaçu), que se alimentam de sapos (*Bufo*). Para diversas espécies de serpentes, particularmente as peçonhentas, o veneno de *Bufo* é letal. Outra espécie de

sapinho amarelo *Brachycephalus ephippium*. Como tais relações têm sido muito pouco estudadas, tem-se um fascinante campo de pesquisas, que requer necessariamente um trabalho de natureza multidisciplinar. Muitas dessas relações interespecíficas só poderão ser esclarecidas a partir da integração dos conhecimentos adquiridos pelos químicos, farmacologistas, fisiologistas, ecólogos e zoológicos.

tente ação hipotensora em cães. Desde então muitas substâncias de natureza peptídica têm sido isoladas da pele de uma série de anfíbios, particularmente em representantes das famílias Hylidae, Ranidae e Leptodactylidae. Chama a atenção não só a diversidade de compostos, mas também a elevada concentração em que alguns deles ocorrem em determinadas espécies, especialmente em *Phyllomedusa* (figura 13).

Muitos dos peptídeos isolados da pele de anfíbios têm seqüências de aminoácidos idênticas às de alguns peptídeos encontrados em mamíferos, onde atuam como hormônios. É intrigante o fato de animais evolutivamente distantes produzirem compostos com características químicas e farmacológicas tão próximas. Esse material possibilita uma série de estudos comparados de farmacologia e bioquímica, visando a uma interpretação evolutiva do fato.

Em função de sua natureza química e atividade farmacológica, os polipeptídeos da pele de anfíbios podem ser agrupados em seis classes principais.

- **Bradicininas:** que reúnem, além da própria bradicinina, sete outros peptídeos, encontrados, em sua maioria, em rãs da família Ranidae, a exemplo da rã-touro (*Rana catesbeiana*, figura 14).

- **Taquicininas:** grupo composto por peptídeos relacionados com a substância P, um polipeptídeo presente no trato gastrointestinal e no sistema nervoso de mamíferos. Estes peptídeos agem intensamente sobre a musculatura lisa, vascular e extravascular, além de efeito estimulante sobre as glândulas lacrimais e salivares. Destaca-se a ocorrência de fisalemina, um dos mais potentes agentes hipotensivos encontrados na natureza, isolado da pele de diversas espécies de *Physalaemus*.

- **Ceruleínas:** sua ação desses peptídeos ainda não está bem esclarecida, mas sabe-se que estes peptídeos reproduzem na musculatura lisa da bexiga urinária e do intestino e nas secreções exócrinas do pâncreas, estômago e fígado as ações do hormônio intestinal colecistocinina-pancreozimina, presente em mamíferos. A ceruleína foi isolada inicialmente da pele da perereca australiana (*Litoria*

caerulea) e ocorre também na pele da rã-pimenta.

- **Bombesinas:** isoladas inicialmente da pele de anfíbios europeus do gênero *Bombina*. Peptídeos análogos foram posteriormente isolados a partir de tecido cerebral e do trato gastrointestinal de mamíferos. As bombesinas têm um vasto espectro de ações sobre a musculatura lisa vascular e extravascular.

- **Sauvagina:** com 40 resíduos de aminoácidos, este peptídeo foi obtido da pele de *Phyllomedusa sauvagei* e parece estar presente apenas na subfamília Phyllomedusinae. Tem ação hipotensora moderada e age de forma complexa sobre a hipófise anterior, estimulando a liberação do hormônio adrenocorticotrópico (HACT) e de beta-endorfinas.

- **Dermorfinas:** polipeptídeos opióides isolados da pele de algumas espécies de *Phyllomedusa*, que têm o mesmo espectro de ação das endorfinas (substâncias analgésicas endógenas).

Como a pele dos anfíbios está em contato direto com ambientes favoráveis à presença de microorganismos, muitos



11 | 12 Figura 11. A perereca *Prynohyas ve-*
13 | 14 *nulosa* lança secreção sobre a pele
 após ser aprisionada pelas patas posteriores.
 Figura 12. Macho adulto de *Physalaemus*
fuscomaculatus.
 Figura 13. Macho adulto da perereca
Phyllomedusa hypochondrialis.
 Figura 14. *Rana catesbeiana* (rã-touro-
 gigante). Rã norte-americana criada em ranário
 para comercialização.

deles patogênicos, pode-se imaginar uma participação ativa das secreções cutâneas no controle do crescimento de bactérias sobre a pele.

Um caso interessante é a descoberta recente de Michael Zasloff, do Instituto Nacional de Saúde, dos Estados Unidos, que há alguns anos empregava oócitos (óvulos imaturos) de *Xenopus laevis* no estudo da expressão do ácido ribonucléico em eucariotas. Após a remoção dos oócitos, a parede muscular e a pele eram suturadas, e os animais devolvidos aos tanques de criação. Algumas semanas mais tarde os animais mostravam-se completamente recuperados, sem sinais de infecção. Tal fato levou o grupo a investigar os prováveis fatores envolvidos no processo. A

partir de extratos de pele de *X. laevis* foram isolados e identificados dois potentes peptídeos com atividade cicatrizante e antimicrobiana. Estes peptídeos, chamados magaininas, possuem 23 resíduos de aminoácidos e diferem entre si por apenas duas substituições.

A descoberta das magaininas poderá contribuir significativamente para o desenvolvimento de novos antibióticos, uma vez que tais compostos atuam em concentrações muito baixas contra uma série de microorganismos, protozoários inclusive. Acreditamos que a presença de substâncias com atividade antibiótica, como as magaininas, seja muito comum entre os anfíbios, constituindo, portanto, o seu estudo uma linha de investigação bastante promissora.

Há diversos mecanismos capazes de conferir a esse grupo de animais certa proteção contra o ataque de predadores, vertebrados e invertebrados. Destacam-se, entre eles, a secreção cutânea que contém compostos tóxicos ou irritantes e os padrões de coloração, que podem ser aposemáticos (coloração de 'aviso', en-

contrada em diversos animais venenosos de hábito diurno) ou crípticos (coloração de camuflagem), como em *Proceratophrys* (figura 15). Por outro lado, a proteção contra o desenvolvimento de microorganismos é desempenhada por outras estratégias, como a presença de 'antibióticos naturais' na pele, como as magaininas, embora algumas substâncias tóxicas para vertebrados tenham também atividade antimicrobiana.

A ocorrência de proteínas com atividade hemolítica tem sido demonstrada em algumas espécies de salamandras e também em certos anuros, como as rãs européias do gênero *Bombina*. A caracterização química desses compostos, no entanto, ainda não foi determinada. Temos pesquisado, com a colaboração do Centro Nacional de Sequenciamento de Proteínas, da UnB, a natureza da atividade hemolítica da secreção cutânea de *Odontophrynus cultripes*. Trata-se do primeiro registro da ocorrência de atividade hemolítica de secreção cutânea de um leptodactídeo. Possivelmente esses compostos citotóxicos também participam da

“O simpósio foi ótimo e cumpriu o seu papel.” Foi assim que Eloi de Souza Garcia, vice-presidente de pesquisa e ambiente da Fiocruz, avaliou o encontro que reuniu cerca de 60 cientistas da Fundação Oswaldo Cruz e do Instituto Pasteur entre 24 e 27 de novembro passado no Brasil. O balanço geral mostrou resultados animadores: a apresentação de 30 trabalhos científicos e a assinatura de 12 projetos conjuntos. Em 1994, é a vez de Paris sediar o encontro para estreitar e avaliar a colaboração científica entre as duas instituições.

O simpósio foi a primeira reunião depois de um acordo firmado entre a Fiocruz e o Pasteur, em 1991. O objetivo desse convênio foi oficializar vários trabalhos conjuntos que já existiam informalmente e incrementar outros tantos para facilitar a alocação de recursos.

Garcia, membro da comissão organizadora do simpósio, ressaltou o grande debate científico que ocorreu em algumas áreas específicas no simpósio. Parte dessa discussão está sendo divulgada neste encarte.

Pesquisadora busca vacina de 4ª geração contra tuberculose	2
Cientista estima que em 3 anos terá vacina contra a dengue	3
Nova metodologia ajuda no tratamento da malária	4
Anticorpo pode indicar se paciente vai desenvolver Chagas	6
Modelo inédito deve permitir controle da leishmaniose	7
Proteína única combate bactérias e tumores malignos	7
Alteração genética 'esconde' vírus da Aids	8

Participaram: Luisa Massarani e Cecília Marques (reportagem) e Cássio Leite Vieira (coordenação). Colaboraram: Ana Maria Palma, Edmilson da Silva, Wagner Barbosa de Oliveira, Jorge de Carvalho (Coordenadoria de Comunicação Social da Fiocruz).

Pesquisadora busca vacina de 4ª geração contra tuberculose

Brigitte Gicquel, da Unidade de Genética Microbiológica do Instituto Pasteur, desenvolve técnica revolucionária para obter uma vacina de 'quarta geração' contra a tuberculose, como ela mesma definiu. Embora a BCG seja considerada a vacina mais segura e amplamente usada na história – já foi aplicada em cerca de dois bilhões de pessoas –, ela não é eficaz em adultos para proteger contra a tuberculose. Em testes na Índia, obteve-se grau de proteção próximo a zero.

A técnica de Gicquel envolve os transposons (fragmentos de ADN que pulam espontaneamente de um lugar para o outro no genoma das bactérias). A pesquisadora francesa seleciona esse 'pulo' de tal maneira que o transposon se aloje em um gene virulento, tornando a bactéria inofensiva ao homem, embora capaz de causar vacinação.

Os transposons são conhecidos há muito tempo, mas ainda é difícil aplicar essa técnica em micobactérias por serem pouco conhecidas. "Só nos últimos anos se desenvolveu o básico da genética das micobactérias e Brigitte Gicquel é a mãe do processo", afirmou Wim Degrave, chefe do Laboratório de Biologia Molecular e Diagnóstico de Doenças Infecciosas do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Fiocruz. Entrevista concedida a Luísa Massarani (Ciência Hoje/Rio) e Wim Degrave.

Por que buscar uma nova vacina contra a tuberculose?

A BCG é de 1921. Há restrições quanto ao seu uso. Os EUA, por exemplo, não a usam, porque lá a incidência de tuberculose baixou. Logo depois da Segunda Guerra Mundial, havia 100 mil casos por ano na França; em 1985, 10 mil. Agora a doença está aumentando em muitos países em consequência da piora na condição de vida, da urbanização extrema, do surgimento de cepas de tuberculose resistentes a drogas e da disseminação da Aids. Segundo dados de 1989, 10 milhões de pessoas adoecem anualmente por tuberculose no mundo, das quais três milhões morrem. É uma das causas mais evitáveis de morte por doença que existe, porque pode ser controlada através de tratamento. Ainda em 1989, havia no Brasil 80 mil casos notificados por ano, dos quais 50%

por tuberculose pulmonar. A mortalidade no Brasil é de cerca de 10%, ou seja, há 8 mil mortes por tuberculose notificadas no país por ano. Obviamente, esse valor pode ser mais alto. Uma pessoa com alta carga bacilar pode infectar por ano 10 a 15 pessoas. A Aids também é um dos fatores que provoca o aumento da doença. Em geral, só 5% das pessoas infectadas pela doença adoecem. Mas aqueles que têm uma imunossupressão por causa de um tratamento, por exemplo, com drogas para o câncer ou no caso do HIV desenvolvem muito facilmente a doença, porque o sistema imune está debilitado. Nessas pessoas, há sério risco de se vacinar com BCG, por ser feita de bactérias vivas que ficam se multiplicando durante alguns dias. Em oposição, é importante vacinar crianças recém-nascidas com BCG em todos os países onde a tuberculose tem

uma alta incidência. Essa é uma norma muito clara da Organização Mundial de Saúde. Estudos na África mostraram que mesmo em países onde a incidência do HIV também é muito alta em crianças, a BCG não oferece perigo a elas. Isso porque esta vacina só oferece perigo aos pacientes que já desenvolveram a Aids. O mesmo ocorre com adultos. Então, voltando à pergunta, já que a eficácia da vacinação com BCG não é 100%, se busca o isolamento de novos mutantes não virulentos que poderiam oferecer uma proteção melhor que a BCG.

Como você obtém esses mutantes? Eles são inativos?

Não, mas sua sobrevivência é muito limitada, de modo que não consigam mais provocar uma infecção geral no homem. Eles só conseguem se replicar por um tempo muito curto, mas suficiente para provocar a vacinação.

Qual o método?

É o transposon, fragmento do ADN, geralmente do mesmo organismo, que pode pular de um lugar para o outro no genoma dessas bactérias mais ou menos por vontade própria. Desenvolvo meios para controlar esse processo, dirigindo-os para onde esses fragmentos devem pular.

Essa é uma característica natural de certos fragmentos do ADN?

Sim. Os transposons são conhecidos há muito tempo, mas em micobactérias é um estudo recente. É difícil desenvolver esse tipo de genética nesses organismos. Isolei diferentes fragmentos que têm essa característica em micobactérias e analisei como eles pulam e para onde, buscando entender seu mecanismo e tentar dirigi-lo. Observei, então, que cada fragmento tem seu jeito específico para pular, não é uma coisa tão aleatória assim.

Como dirigir esse mecanismo?

Para seguir o processo do pulo, colocamos dentro do transposon um outro fragmento de ADN que pode resistir a uma droga. Depois, é possível ver se o fragmento de ADN pulou para algum lugar, porque a bactéria ficou resistente contra aquele marcador. Com aquele marcador, você pode seguir o fragmento e achar onde ele entrou no genoma. Dessa maneira, já isolamos vários mutantes da tuberculose. O grande truque é você procurar uma bactéria onde o fragmento de ADN pulou para dentro de um gene que tem a ver com virulência. Pega-se um grupo de

ÁREA	RISCO ANUAL DE INFECÇÃO	NOVOS CASOS POR ANO	MORTES POR ANO
África subsaariana	1,5 a 2,5%	1.313.000	586.000
África do Norte e Ásia Ocidental	0,5 a 1,5%	323.000	91.000
Ásia	1,0 a 2,0%	5.102.000	1.825.000
América do Sul	0,5 a 1,5%	356.000	111.000
América Central e Caribe	0,5 a 1,5%	185.000	80.000
TOTAL		7.280.000	2.692.000

FONTE: SCIENCE (VOL. 257, P. 1.059)

Figura 1: Estimativa de risco, novos casos e mortes anuais por tuberculose nos países em desenvolvimento (1985 a 1990).

bactérias, insere-se aquele fragmento que vai pular e deixa-se que ele pule mais ou menos aleatoriamente. Depois, busca-se as bactérias onde o fragmento se inseriu em um gene de virulência. Quando aquele fragmento pula dentro de um gene, esse gene vai ser inativado. Essas bactérias tornam-se não virulentas. Todas as suas funções normais ainda estão lá, menos a virulência. Então, ela não consegue mais infectar o homem. Essa bactéria poderá levar a uma vacina mais fácil de se produzir.

Quais as outras aplicações?

Além da vacina, pode-se, por exemplo, entender os mecanismos de virulência e conhecer os genes envolvidos com o fenótipo da virulência. Assim, você consegue entender mais sobre a patologia da tuberculose. Também é possível aprender mais sobre o funcionamento de determinados genes e assim conseguir desenhar novas drogas mais eficientes e mais baratas do que as que se conhece. Isto tem aplicação direta com o desenvolvimento da vacina, e também com o estudo básico da doença. É especialmente difícil com micobactérias, porque são pouco conhecidas na sua genética e biologia molecular.

Em que fase está sua vacina?

Aprendemos a técnica e desenvolvemos todas as etapas de laboratório para fazer esse tipo de trabalho, não com o *Mycobacterium tuberculosis* mas com o *Mycobacterium snegnatis*, que cresce rápido e não é perigoso, ao contrário do *M. tuberculosis*. Isolamos vários mutantes de *M. snegnatis* e com eles aprendemos bastante. Este ano vamos começar com a tuberculose.

Em quanto tempo a senhora terá a vacina?

Serão necessários cerca de três anos para fazer esses mutantes fundamentais e mais sete para realizar os testes clínicos, porque inicialmente infectam-se hamsters, depois provavelmente macacos e, só após isso, o homem. É como o desenvolvimento de uma droga que também leva muitos anos.

E as suas pesquisas usando a BCG como vacina vetor?

A BCG é a vacina mais segura e mais amplamente usada que conhecemos na história da humanidade. Mais de dois bilhões de pessoas já foram vacinadas com ela no mundo inteiro. É ideal para ser usada como vetor, ou seja, para vacinar contra

outras doenças além da tuberculose. Trabalho especificamente com o desenvolvimento de uma vacina contra o HIV, introduzindo pequenos fragmentos de ADN de HIV e BCG. Espero que vacinando com BCG recombinante se consiga vacinar contra HIV. O BCG em si já estimula a resposta imune do organismo contra esses fragmentos de ADN.

Imunizaria contra a tuberculose e contra o HIV ao mesmo tempo?

Sim.

Para outras doenças também?

Hepatite B, por exemplo. Um laboratório dos EUA está fazendo o mesmo tipo de trabalho com a coqueluche.

- Participou *Jornal do Brasil*.

Cientista estima que em 3 anos terá vacina contra a dengue

"Acho que dentro de três anos obteremos uma vacina contra a dengue." A previsão é de Vincent Deubel, chefe do Laboratório de Arbovírus do Instituto Pasteur. Ele afirma que está perto de ter as quatro proteínas recombinantes do envelope dos quatro tipos de vírus. "Esse é o estágio ideal para fazer a vacina", acrescenta.

A dengue é uma das poucas doenças que produz, além dos anticorpos normais, outro tipo chamado anticorpo facilitante ou enhancement. Essa substância facilita a entrada do vírus no macrófago, em vez de matá-lo, como ocorre com os outros anticorpos.

O estudo da patogênese do vírus da dengue, buscando entender sua interação com as células do hospedeiro, é outra linha de pesquisa desenvolvida por Deubel. O trabalho é feito em conjunto com o Departamento de Virologia da Fiocruz. Entrevista concedida a Luisa Massarani (Ciência Hoje/Rio), Ana Palma (Fiocruz), Rita Nogueira (Departamento de Virologia da Fiocruz).

É muito difícil obter uma vacina contra a dengue?

É preciso desenvolver uma vacina que proteja o corpo contra os quatro sorotipos de vírus existentes. Uma vacina contra um só tipo pode desencadear anticorpos não neutralizantes, além de facilitar a entrada dos outros sorotipos no macrófago e, conseqüentemente, a infecção da célula.

Em qual estágio está a vacina que o senhor desenvolve?

Estou perto de ter as quatro proteínas recombinantes do envelope dos quatro tipos de vírus. Esse é o estágio ideal para fazer a vacina. Para isso, estou usando baculovírus como vetor de expressão. Já há uma vacina experimental que funcionou em testes com camundongos que não desenvolvem a doença, mas morrem con-

forme a quantidade de vírus injetada. No entanto, é preciso purificar essas proteínas. Em camundongos, se pode usar a proteína total. Em humanos não. Acho que dentro de três anos ela será obtida. É uma vacina de segunda geração, desenvolvida por engenharia genética. A de primeira geração quem faz é a Tailândia, com os quatro tipos de dengue atenuados. A nossa é uma vacina mais purificada e mais trabalhosa.

E a sua pesquisa sobre a patogênese do vírus?

Dentro de cada um dos quatro sorotipos, há variantes. Minha pesquisa é determinar essas variantes, discriminando-as, fazendo estudos genéticos, seqüenciando o genoma, cultura de células, interações entre vírus-célula, entre outras coisas. Encontrei diferenças no genótipo e no fenótipo dessas variantes. Essas diferenças são, por exemplo, patogenicidade em camundongos. Algumas são mais patogênicas; outras, menos. Há amostras que se você injetar no camundongo ele não vai morrer. Com outras, ele morre. Alguns vírus causam efeitos em células, como buracos, por exemplo. Outros não. Tentamos conectar as variações genotípicas

ADN (ácido desoxirribonucleico) - material hereditário existente na maior parte dos seres vivos. Encontrado nos cromossomos dos animais, plantas, bactérias e vírus. Polímero com dois filamentos (cadeias) entrelaçados de ácido nucléico, formando uma hélice dupla.

Genoma - constituição genética de um organismo.

HIV - vírus que provoca a Aids no homem.

Micobactéria - família de bactérias que inclui as causadoras da tuberculose e da hanseníase (lepra).

Baculovirus - espécie de vírus usada para controle biológico.

Envelope - designação genérica para as membranas que envolvem os microorganismos.

Fenótipo - características externas de um indivíduo e que resultam da interação entre suas características herdadas com o meio ambiente.

Genótipo - natureza e arranjo de genes em um organismo individual.

Moléculas recombinantes - moléculas resultantes de rearranjos entre duas ou mais moléculas naturais ou sintéticas.

Patogênese - mecanismo pelo qual os microorganismos desenvolvem as doenças.

Sorotipo - cada um dos diferentes tipos antigênicos de uma mesma espécie microbiana.

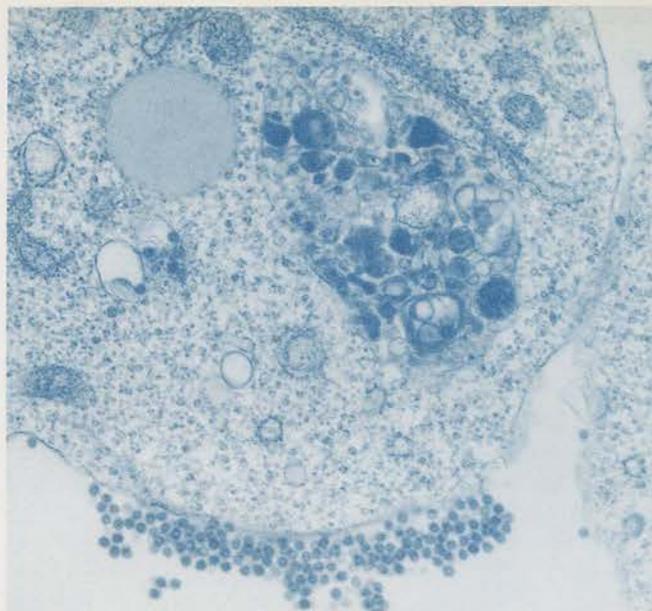


Figura 1: Fotografia obtida pela técnica de microscopia eletrônica de transmissão. Os vírus da dengue (pequenos pontos pretos na parte inferior da foto) infectam células do tigre asiático (*Aedes aegyptus*), um dos vetores da doença.

com as fenotípicas para descobrir onde está a virulência.

Quantos sorotipos o senhor detectou no Caribe e América Latina?

Três. O da dengue-1, da dengue-2 e da dengue-4. As amostras do Caribe e da América do Sul são diferentes. São vírus do mesmo sorotipo, mas têm comportamentos diferentes. Do sorotipo 2, descobrimos que circula na região pelo menos

duas variantes, sendo que uma já está circulando há muito tempo. Uma fica lá na região de Porto Rico e a outra é a que veio da Ásia, no início dos anos 80, e agora está circulando pelas Américas.

Foi o responsável pela epidemia em Cuba?

Não se conhece ainda o vírus de Cuba. Houve uma epidemia na Jamaica e o vírus foi o originário da Ásia. Como a Jamaica é muito perto de Cuba, acredita-se que o

vírus de Cuba tenha sido esse asiático. Mas não se tem certeza, porque os cubanos não publicaram estudo algum. O surgimento da dengue hemorrágica e dos casos mais graves parece estar relacionado com a chegada desse vírus asiático. Especula-se que esse vírus seja mais agressivo. Mas há vários fatores envolvidos no agravamento da doença. Um seria o próprio vírus. Outro seria os anticorpos criados pelo próprio indivíduo que teve infecções anteriores. Esse indivíduo, por exemplo, teria anticorpos contra o 1 e não contra o 2. Esses anticorpos poderiam facilitar a entrada do 2. Outro fator é que o aumento do número das pessoas infectadas cria a possibilidade de surgirem novos sorotipos. Vários sorotipos circulando na região também podem ser fatores de risco no aparecimento de formas mais graves.

O vírus da dengue é variável ou estável?

Parece que o vírus da dengue-1 é mais estável, mas já encontramos duas cepas que têm comportamentos bem diferentes circulando nas Américas. Uma foi isolada no Rio, em 1990; outra, na Guiana, acho que em 89. Já detectei a diferença da patogenicidade entre essas duas cepas com relação ao camundongo e à interação entre as células. Há uma mutação nas proteínas do envelope. Não há ainda evidências de que essas variações possam contar para patogenicidade em humanos, mas é um bom instrumento para entender a interação entre o vírus e a célula. •

Nova metodologia ajuda no tratamento da malária

A pesquisadora Antoniana Kretli, chefe do Laboratório de Malária do Centro de Pesquisas René Rachou da Fiocruz, em Belo Horizonte, desenvolveu uma nova metodologia que poderá determinar se um indivíduo está ou não protegido contra a malária induzida por esporozoítos. Ela usou o Plasmodium galináceo (causador da doença em galinhas) para caracterizar o que é um anticorpo protetor, como ele funciona e como ele pode destruir o esporozoíto. Observando que os anticorpos têm diferentes capacidades protetoras, Kretli estuda agora como se pode compreender in vitro essas diferenças. Na sua avaliação, é fundamental buscar outras formas de tratamento da malária, já que o Plasmodium está criando resistência às drogas existentes no mercado.

A equipe de Kretli estudou também 40 espécies de plantas citadas em pesquisa etnofarmacológica realizada na Amazônia (ver 'A malária e as plantas medicinais', Ciência Hoje, n.º 44, p. 8, e 'Antimaláricos de uso popular na Amazônia', Ciência Hoje, n.º 78, p. 9), detectando oito espécies com resultados promissores. Entre elas está a cerveja-do-índio, encontrada nos estados do Pará e do Amazonas, que tem uma característica especial: sua proteção é profilática. Entrevista concedida a Luisa Massarani (Ciência Hoje/Rio).

Quais as novidades de sua pesquisa?

Desenvolvemos *in vitro* o ciclo do esporozoíto em macrófagos e inibimos esse desenvolvimento usando anticorpos protetores *in vivo*. Vimos que eles inibem não só a penetração do esporozoíto no macrófago, mas também destroem aqueles que por ventura entrarem nas células. Especulamos que o macrófago seja a primeira célula que interage com o esporozoíto. Na galinha não há dúvida de que isso seja verdade, mas na malária humana há só indícios de que sejam macrófagos, mas isso precisa ser melhor documentado.

Esse teste revela se há anticorpos, mas não diz o nível, certo?

Sim. Em nossos experimentos, pela sorologia convencional, fluorescência ou Elisa, na qual se usa esporozoíto morto, todas as galinhas vacinadas, protegidas ou não, têm nível alto de anticorpos. Já a

atividade contra os esporozoítos vivos é completamente diferente. Só no caso de aves totalmente protegidas, os soros são capazes de reagir e neutralizar a infecciosidade dos esporozoítos vivos. Não estou propondo uma vacina para a galinha. Mas é possível dizer que essa galinha está protegida pela atividade de seu soro.

E qual a aplicação?

Em testes de uma vacina, por exemplo, para verificar se ela induz um anticorpo protetor. Temos uma metodologia que permite dizer se esse animal tem ou não soro protetor. Há dezenas de anos estudamos a vacina antiesporozoíto, mas parece que os testes usavam uma metodologia inadequada na avaliação da proteção induzida.

Qual sua segunda linha de pesquisa?

É em malária humana. Trabalhamos em Mato Grosso, a partir de células coletadas de indivíduos que tiveram a malária uma ou várias vezes. Tentamos entender a

história natural da doença, como o indivíduo responde ao antígeno do esporozoíto. Medimos os anticorpos pela metodologia convencional e avaliamos ainda a resposta celular. Isolamos as células mononucleares do sangue periférico do indivíduo, as estimulamos com antígenos de esporozoítos ou de formas sanguíneas dos parasitos e as deixamos crescerem *in vitro*. Esse é um trabalho da Luzia Carvalho, estudante de doutorado.

Quando começou esse trabalho?

Há quatro anos, a partir de um foco de malária em Mantena (Minas Gerais), onde nunca ocorrera a doença. É uma história interessante, porque veio um paciente de Rondônia, em 1988, e ninguém diagnosticou a malária. Suspeitou-se de febre amarela. Ficou lá meses. A partir disso, houve 140 casos de malária. Quando a Sucam soube, já tinham passado dois meses de transmissão. Foram para a cidade e controlaram a doença. Só soubemos oito meses depois, mas mesmo assim

fomos lá, porque consideramos a situação muito importante, já que são pessoas que nunca viram a malária. O sistema imune delas era completamente limpo dessa doença. Recolhemos o soro desses pacientes e vimos que 45% dos pacientes ainda tinham anticorpos contra os esporozoítos. No entanto, o mais interessante é que alguns indivíduos que não tinham malária também tinham anticorpos. Ou seja, na área de malária parece haver indivíduos que são picados pelo mosquito, entram em contato com a proteína que os sensibiliza ou com o esporozoíto, mas eles não se infectam.

É possível que haja nessa cidade um tipo de infecção que não cause a doença, mas que produza esses anticorpos?

Isso não pode ser excluído, mas o antígeno de esporozoíto que usamos é muito específico. Inclusive, ele não reage com outras malárias. O anticorpo do indivíduo que teve malária pelo *Plasmodium falciparum* só reage com antígeno de *P.*

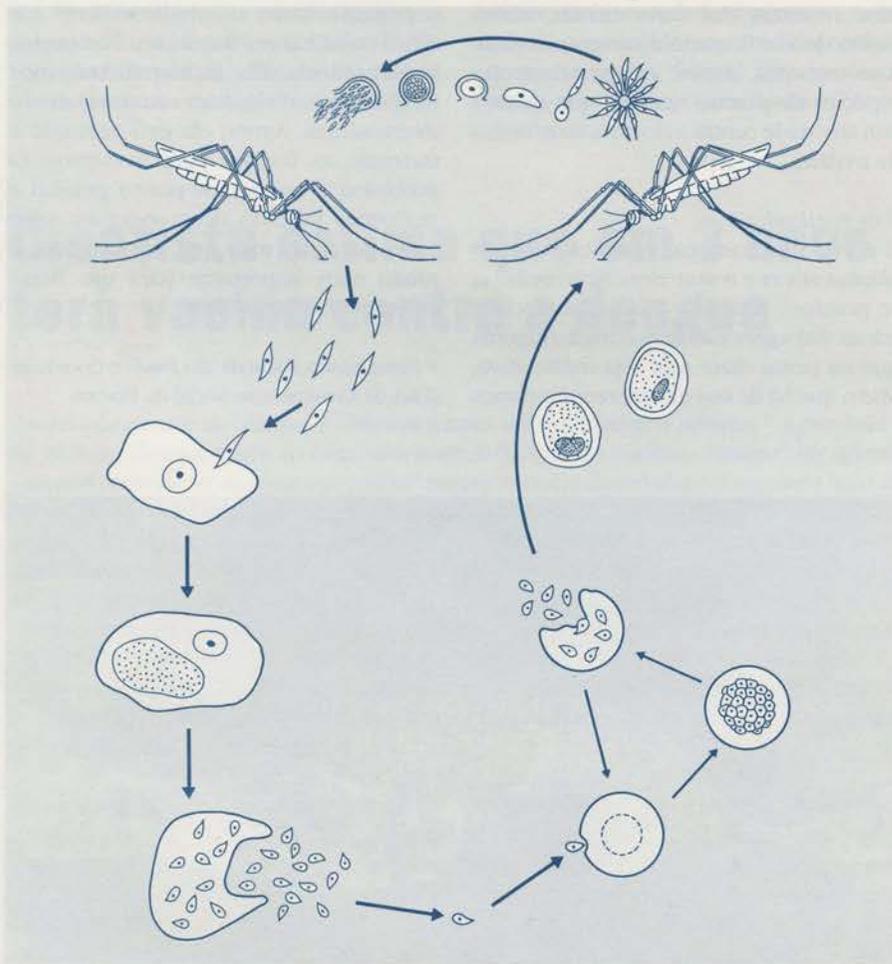


Figura 1: Ciclo evolutivo do *Plasmodium*. O mosquito inocula esporozoítos pela picada e estes se desenvolvem em hepatócitos, na malária humana, ou em macrófagos e células do endotélio dos capilares, na malária aviária. O ciclo sanguíneo (à direita) é o responsável pelos sintomas da doença aguda (febre geralmente em episódios regulares e anemia).



Figura 2: Modelo experimental para o teste de drogas, mostrando macrófagos de galinha infectados *in vitro* com os esporozoítos (indicados pelas setas) de *Plasmodium gallinaceum*.

Antígeno - substância capaz de desencadear a formação de anticorpos no organismo.

Anticorpo - substância produzida pelo organismo como reação às substâncias estranhas que nele penetram.

Esporozoítio - forma ativa de protozoário; no caso, o *Plasmodium* causador da malária.

Macrófago - célula fagocítica que remove partículas estranhas ao organismo como bactérias, vírus e parasitas.

Plasmodium - gênero de microorganismo (protozoário) causador da malária.

Plasmodium falciparum - espécie causadora da febre maligna, a mais grave das quatro malárias humanas. As outras espécies são *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* (essa última não ocorre no Brasil).

falciparum. Acreditamos que são realmente indivíduos que não tiveram malária, mas estão sensibilizados com o antígeno, por exemplo, através da saliva do mosquito, já que foi provado experimentalmente que a própria saliva do mosquito infectado tem esse antígeno solúvel que pode ser liberado sem os esporozoítos.

E o antígeno não causa a doença?

Não. O indivíduo inoculado só com o antígeno solúvel está sensibilizado, mas não infectado. O outro ponto que tentamos entender é

a resposta natural que o indivíduo tem quando está sendo infectado nas diferentes situações de transmissão. A minha equipe foi à área endêmica só três vezes. Queremos saber como é que o sistema imune reage frente ao antígeno do esporozoítio. Nosso critério de seleção é o número de anos que o indivíduo vive na área e o número de malárias passadas no indivíduo. Estamos preocupados com os dois extremos: o indivíduo que acabou de chegar e ter a primeira malária e com

aquele que está lá há 10 anos. Surpreendentemente, do ponto de vista da resposta celular, não houve grandes diferenças entre eles até o momento com relação à intensidade das resposta celular.

Quais as dificuldades para se trabalhar com malária?

O projeto é muito caro, porque trabalhamos em áreas muito distantes de Belo Horizonte. E depois trabalhar com garimpeiros é difícil. Eles são extremamente móveis e têm suas crenças. Por exemplo, o garimpeiro tem uma febre. Ele paga 2,5 gramas de ouro por um tratamento para malária, em geral a mefloquina. Esta droga é controlada no Brasil, porque, se ela for espalhada, daqui a pouco se terá resistência contra ela, como acontece com a cloroquina.

E suas pesquisas sobre plantas antimaláricas?

Fizemos uma pesquisa na Amazônia, perguntando para as pessoas da região o que elas usam para tratar a malária. Cerca de 40 plantas foram mencionadas. Capturamos amostras das mais citadas, como melão de São Caetano e campainha azul, e as testamos. Assim, encontramos oito espécies de plantas nativas que de fato têm atividade contra as formas sanguíneas da malária.

E os resultados?

É preciso se fracionar quimicamente as plantas ativas e tentar identificar, isolar e, se possível, sintetizar a ou as moléculas ativas. Até agora não temos fração alguma que eu possa dizer que seja muito ativa. Mas o que há de novo é que recomeçamos

um estudo com uma planta bem diferente, a cerveja-do-índio, que parece funcionar como vacina. É um cipó e as pessoas usam a sua raiz fresca, a colocam na água, o que dá uma espuma, daí seu nome. Ela é usada às margens do rio Amazonas. Gastamos anos com ela, testando seus vários extratos contra as formas sanguíneas dos parasitas, até que um dia a testamos contra os esporozoítos. Ao que parece, ela age justamente contra eles. Se isso é verdade, terá se encontrado pela primeira vez uma planta com atividade protetora profilática. Esse trabalho está em andamento, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Quais são os próximos passos?

Graça Lins Brandão, da Faculdade de Farmácia da UFMG, está na Alemanha em uma companhia farmacêutica, ligada à Universidade de Munique, purificando a cerveja-do-índio, porque acreditamos que o princípio ativo seja hidrossolúvel e é difícil trabalhar no Brasil com compostos hidrossolúveis. Ela já identificou cinco moléculas inéditas, com estruturas muito interessantes. Agora, ela está voltando e trazendo as frações para testarmos. O problema é que temos pouco pessoal e acabamos fazendo dessa pesquisa uma linha paralela, mas que, de repente, é muito mais importante para um Brasil pobre, cheio de malária.

• Participaram *Folha de São Paulo* e Coordenação de Comunicação Social da Fiocruz.

Anticorpo pode indicar se paciente vai desenvolver Chagas

A imunologista Paola Minoprio, da Unidade de Imunoparasitologia do Instituto Pasteur, estuda a existência de uma proteína do parasita *Trypanosoma cruzi* que pode indicar se o paciente infectado vai desenvolver a doença de Chagas ou não.

Para a pesquisadora, o paciente que tiver o anticorpo específico contra essa proteína possivelmente não desenvolverá a doença. Aqueles que não tiverem essa resposta deverão ter cuidados especiais como se submeter freqüentemente a eletrocardiogramas, porque poderão desenvolver a forma crônica da doença.

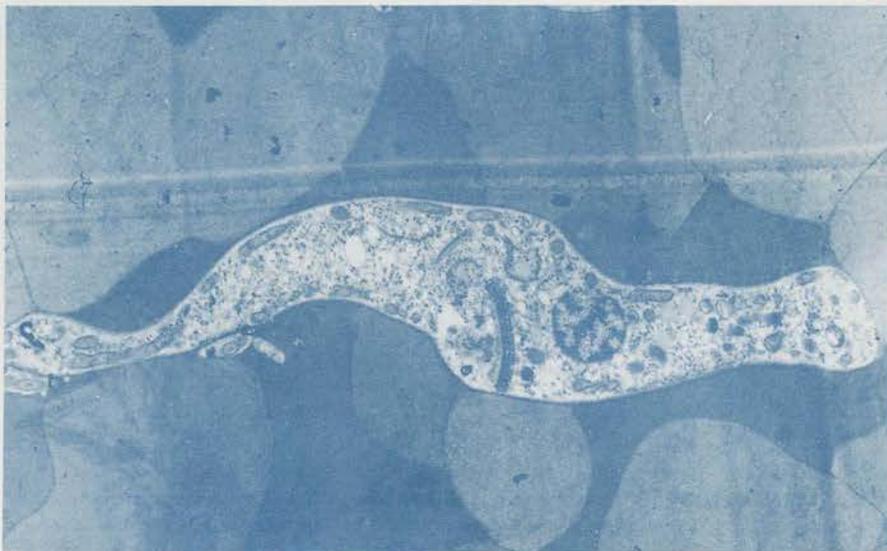


Figura 1: *Trypanosoma cruzi*, protozoário causador da doença de Chagas.

Minoprio estuda a possibilidade de aplicar uma substância chamada gama interferon nos pacientes suscetíveis.

Esse anticorpo contra o *Trypanosoma cruzi* foi detectado em camundongos imunodeficientes, do tipo Balb.Xid, que são capazes de reconhecer a proteína do parasita na fase aguda do mal de Chagas. Minoprio injetou esse anticorpo em camundongos normais e verificou que nesses animais a doença foi atenuada.

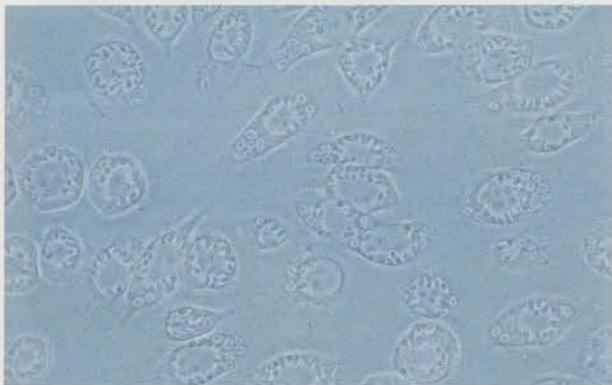
Ela constatou que, além de produzir o anticorpo contra o *Trypanosoma cruzi*, a resistência do Balb.Xid também está associada à ausência de uma célula chamada CD-5B (tipo de linfócito B). Sem as CD-5Bs, o Xid produz muito mais gama interferon que estimula o macrófago a eliminar o parasita que se aloja em seu interior para se multiplicar.

Para comprovar essa teoria, Minoprio tratou camundongos com um tipo de anticorpo (antigama interferon) que bloqueia a ação do gama interferon. Sem essa substância em seu sistema imune, todos os animais morreram na primeira semana, depois de serem infectados com o parasita da doença de Chagas.

CECÍLIA MARQUES/JORNAL DA CIÊNCIA HOJE/RIO

Modelo inédito deve permitir controle da leishmaniose

Michel Rabinovitch, chefe da Unidade de Imunoparasitologia do Instituto Pasteur, idealizou um novo modelo de interação



Cultura de macrófagos peritoneais de camundongos infectados por *leishmania amazonense*, que receberam paredes de levedo por uma hora para permitir a fagocitose dessa substância. Depois, foram lavadas e incubadas por mais quatro horas. Assim, os macrófagos contêm partículas de levedo no interior de vacúolos parasitófagos. A *leishmania* se encontra na periferia desses vacúolos.

entre as grandes vesículas e a endocitose, que deverá permitir o desenvolvimento de mecanismos de controle da leishmaniose. Esse modelo não era conhecido em células de mamíferos.

Ele examinou o funcionamento de macrófagos infectados pela *Leishmania amazonense*. Em sua avaliação, "essa forma de estudo é importante, porque induz a formação de vacúolos, onde o parasita está alojado no interior do macrófago". Segundo ele, o tamanho desses vacúolos permite que eles sejam estudados ao microscópio óptico. Rabinovitch investiga também como as leishmanias conseguem sobreviver no interior dos vacúolos, porque seu interior é acidificado, meio não ideal para esses parasitas.

O pesquisador tenta entender como ocorre a passagem de algumas dessas partículas, o levedo por exemplo, que, em vez de ficarem no citoplasma, penetram o vacúolo.

Para Rabinovitch, há dois modelos possíveis para explicar a passagem das partículas para o interior do vacúolo. O primeiro é através da fusão das vesículas. O segundo, que ele considera mais provável, é que a vesícula menor (a bolsa com as partículas) entre na grande (o vacúolo), sendo digerida. "Esse é um modelo de interação entre grandes vesículas e endocitose, o que não era conhecido em uma célula de mamífero."

A partir dessa observação, Rabinovitch desenvolveu método microscópico quantitativo, que permite medir a passagem do macrófago do citoplasma para dentro do vacúolo parasitófago. Agora, ele desenvolve uma farmacologia dessa interação, buscando moléculas que reduzam ou aumentem a interação e, conseqüentemente, os mecanismos de controle da doença.

Após ter definido as características de transferência do levedo, Rabinovitch analisa a transferência de uma outra leishmaniana à *Leishmania amazonense* infectada, inclusive de outras espécies. Ele quer avaliar se elas vão se diferenciar, se vão sobreviver etc. Rabinovitch sabe que há a transferência, mas desconhece o que ocorre depois.

LUIZA MASSARANI/Ciência Hoje/Rio

Proteína única combate bactérias e tumores malignos

Uma única proteína do organismo humano poderá representar a cura para pacientes com diversos tipos de doenças, desde as causadas por bactérias até tumores malignos. Essa foi a conclusão de Robert Fauve, chefe da Unidade de Imunofisiologia Celular do Instituto Pasteur.

Por que certas pessoas e animais têm resistência natural a determinadas doenças e outras não? Essa questão marcou o início de um longo trabalho para Fauve que, a partir da indução de inflamações – através de uma substância não antigênica, não degradável e não difundível – em camundongos, verificou o aumento da resistência imunológica nesses animais.

O pesquisador francês infectou camundongos com bactérias (*Salmonella*, *Yersinia pestis*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Listeria monocytogenes*), protozoário (*Plasmodium de berghei*) e fungos (*Candida albicans*). Ele ainda provocou nos animais dois tipos de câncer: uma forma de melanoma e outra de carcinoma.

Fauve verificou que os camundongos com a reação inflamatória curavam-se da *Listeria* e tinham suas sobrevidas aumentadas no caso da *Salmonella*, do *Plasmodium de berghei* e nos cânceres. Ele concluiu que a existência de uma proteína no granuloma do camundongo poderia, ao contrário da vacina, proteger o organismo contra qualquer doença.

O pesquisador do Pasteur descobriu que no organismo humano também existia essa proteína, com a mesma atividade biológica que nos camundongos. Fauve a isolou e a injetou nos animais, constatando que eles podiam se proteger contra todas aquelas doenças com as quais eram infectados.

O próximo passo dessa pesquisa será o estudo para aplicação em humanos, depois de feitos os testes toxicológicos. Segundo ele, falta conhecer alguns pontos sobre o funcionamento dessa proteína: o local em que é produzida, a possibilidade de ser testada e detectada em pacientes e, finalmente, qual a menor parte de sua molécula responsável por essa atividade biológica.

Acidentalmente, Fauve se tornou personagem de seu próprio experimento. Ao inocular um dos camundongos, ele cortou o dedo. Ele aproveitou essa situação para se auto-

Anticorpo - substância produzida pelo organismo como reação às substâncias estranhas que nele penetram.

Candida albicans - responsável pela candidíase (infecção na vagina e na boca comum em pessoas imunodeprimidas).

Citoplasma - região compreendida entre a membrana plasmática e o núcleo de uma célula.

Endocitose - denominação geral para fagocitose e pinocitose.

Fagocitose - processo pelo qual a célula insere partículas sólidas.

Granuloma - massa de tecido com células inflamatórias que se proliferam, formam fibras e se degeneram.

Linfócito - tipo de glóbulos brancos relacionados com a produção e transporte de anticorpos.

Listeria monocytogenes - bactéria que causa infecção mortal em ratos.

Macrófago - célula fagocítica que remove partículas estranhas ao organismo como vírus, parasitas e bactérias.

Não antigênica - substância que inibe a reação de anticorpos.

Não difundível - substâncias que se concentram e causam abscesso.

Pinocitose - processo pelo qual a célula insere partículas líquidas.

Plasmodium de berghei - bactéria causadora da malária em camundongos.

Pseudomonas aeruginosa - bactéria comum em infecção hospitalar.

Salmonella - bactéria que provoca infecções no intestino de pessoas e animais.

Trypanosoma cruzi - protozoário causador da doença de Chagas.

Vacúolo - cavidade preenchida por um fluido situada no citoplasma das células.

Yersinia pestis - bactéria que causa a peste bubônica.

infetar com bacilos da tuberculose.

A partir daí, o pesquisador começou a controlar a migração desses microorganismos em três partes da área infectada. Na primeira e segunda partes, o bacilo sobreviveu. Mas na última, o organismo do pesquisador reagiu, comprovando que há uma resistência natural à tuberculose.

Fauve cita outros exemplos para reforçar sua hipótese. O primeiro é o de uma epidemia de peste na França, no século XVIII, na qual um grupo de pessoas contaminadas pela malária ficou naturalmente imune à peste em consequência da ação inflamatória causada pelo protozoário. O outro é o caso de marido e mulher que se contaminaram pela tuberculose. A mulher morreu, mas o marido sobreviveu. Esse mesmo homem, um cientista, cortou-se em uma experiência com um frasco contaminado com o bacilo da tuberculose. Mesmo com um abscesso, ele não tomou antibiótico, mas não teve a doença. Segun-

do o cientista francês, resta saber por que algumas pessoas são resistentes a certas doenças e a outras não.

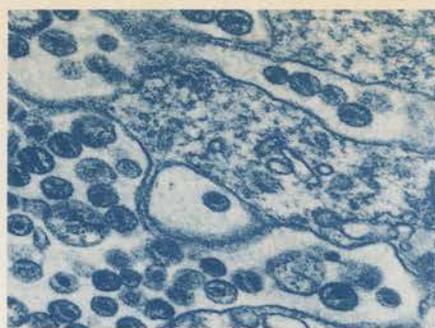
Alteração genética 'esconde' vírus da Aids

Pacientes com sintomas da Aids que não acusam a presença do HIV podem ter um vírus com defeito genético. Essa alteração impede que o vírus se multiplique, mas não evita que ele desregule o sistema imune, afirmou Françoise Barré-Sinoussi, da Unidade de Biologia dos Retrovírus do Instituto Pasteur.

Para a pesquisadora, basta que algumas células estejam infectadas por esse vírus "defectivo" para desencadear o chamado "efeito cascata no sistema imunológico". Segundo Barré-Sinoussi, os testes dão resultado negativo porque, "sem a multiplicação do vírus, não há formação de anticorpos e, com isso, os registros não são encontrados no sangue".

Barré-Sinoussi diz que a produção de uma vacina universal contra a Aids vai depender da identificação das variantes mais representativas do HIV existentes no mundo. Esse trabalho vem sendo realizado em várias instituições do mundo, inclusive no Instituto Pasteur, com o apoio da Organização Mundial da Saúde.

Para Barré-Sinoussi, o trabalho de identificação vai durar muitos anos, já que milhares de vírus terão que ser identificados. "Cada pessoa tem um vírus diferente de seu vizinho e, em geral, uma pessoa é contaminada por uma 'sopa' de vírus", afirmou. Para ela, a quantidade de variações do vírus é equivalente ao número de pessoas infectadas, multiplicado pelo número de diversificações dentro de cada



Vírus HIV-1 da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (Aids) em células humanas.

indivíduo. Mesmo sem uma vacina universal, o Instituto Pasteur começou a testar em junho do ano passado uma delas em uma centena de voluntários sadios, pertencentes a grupos de risco.

Barré-Sinoussi afirmou que até agora todas as vacinas testadas só demonstraram resultados satisfatórios contra a contaminação via venosa. "É importante definir se elas protegem também contra a infecção através da mucosa, já que a via sexual é a principal causa de transmissão", lembrou.

Para ela, os remédios disponíveis no mercado, como o AZT e o ddI, não funcionam. Eles só têm resultados contra alguns dos males produzidos pelo HIV. Os laboratórios franceses estão testando uma nova droga que, embora menos tóxica, também não cura, só prolonga a vida. Não há previsão de seu lançamento no mercado.

Françoise trabalhou na equipe de Louis Montagnier, pesquisador francês que isolou pela primeira vez o HIV em 1983.

LUIZA MASSARANI/CIÊNCIA HOJE/RIO

PROJETOS DE PESQUISA CONJUNTOS ENTRE A FIOCRUZ E O INSTITUTO PASTEUR ELABORADOS DURANTE O SIMPÓSIO

FIOCRUZ	PASTEUR	TEMA
R.Marcovistz	H.Tsiang	Raiva
J.Nascimento	H.Tsiang	Sarampo
J.P.Simonetti	F.Barré-Sinoussi	Aids - Transmissão perinatal
V.Bongertz	F.Barré-Sinoussi	HIV - Cepas e sorotipos
Setor de Primatologia	F.Barré-Sinoussi	Retrovírus
B.Galvão Castro	F.Barré-Sinoussi	Aids-HTLV
W.Degrave	B.Gicquel	Tuberculose
M.Pereira	I.Saint Girons	Leptospirose
P.Azambuja/E.Garcia	P.Bray	Imunidade em insetos
M.Arruda	P.Bray	Mosquitos
W.Savino	M.Hontebeyrie	Matriz extracelular
R.Ribeiro dos Santos	M.Hontebeyrie	Doença de Chagas

COLABORAÇÕES CIENTÍFICAS JÁ EXISTENTES ENTRE A FIOCRUZ E O INSTITUTO PASTEUR REFORÇADAS DURANTE O SIMPÓSIO

FIOCRUZ	PASTEUR	TEMA
S.B.Cordeiro	B.Vargaftig	Inflamação
M.I.Elsas	B.Vargaftig	Eosinófilos
C.Pimez/R.R.Santos	P.Minoprio	Cardiopatía chagásica exp.
W.Savino	M.Hontebeyrie	T. cruzi e timo
H.Schatzmayr/R.Nogueira/M.Barth/C.Kubelka	V.Deubel	Dengue
R.Galler	V.Deubel	Febre amarela



Figura 15. Macho adulto de *Proceratophrys* sp. Observar o padrão de camuflagem do animal em seu ambiente natural.



Figura 16. *Epipedobates flavopictus*, espécie venenosa de um sapo dendrobata encontrada e descrita por Adolpho Lutz na região de Belo Horizonte.

defesa contra o desenvolvimento de microorganismos na pele de anfíbios.

Os membros da família dos dendrobatídeos destacam-se dos demais anuros seja pelo colorido aposemático presente na maioria das espécies, seja pela presença de uma série de alcalóides em sua pele. Mais de 200 compostos já foram isolados até o momento pelos pesquisadores norte-americanos John Daly e Bernhard Witkop. Por esse motivo, são considerados o maior depósito natural de compostos alcaloídicos do reino animal. A ação farmacológica dos alcalóides extraídos da pele de dendrobatídeos já foi pesquisada em universidades dos Estados Unidos e do Brasil.

Entre os alcalóides de dendrobatídeos, a batracotoxina (BTX) destaca-se por ser considerada uma das mais potentes substâncias de origem não proteínica encontradas na natureza até o momento. A principal ação farmacológica da BTX se deve à sua capacidade de interagir com o canal de sódio de membranas excitáveis (de células nervosas ou musculares, por exemplo), despolarizando a membrana celular, com conseqüente bloqueio da propagação dos impulsos nervosos e da contração muscular. Em músculo cardíaco, a BTX induz severa arritmia seguida de bloqueio. Portanto, os animais intoxicados por BTX podem sucumbir em poucos minutos por parada cardíaco-respiratória.

Felizmente essa toxina — em elevada concentração — tem sua ocorrência restrita às rãs do gênero *Phyllobates*, presente exclusivamente na América Central e ao norte da América do Sul, na Amazônia brasileira inclusive. Neste grupo inclui-se

a única espécie de anfíbio reconhecida-mente capaz de provocar envenenamento em seres humanos pelo simples manuseio. Trata-se de *Phyllobates terribilis*, encontrada apenas na região de Chocó, na Colômbia. As rãs do gênero *Phyllobates* são conhecidas como 'rãs de veneno de flecha', por serem utilizadas pelos índios para envenenar flechas e dardos.

Além das batracotoxinas, os dendrobatídeos contêm uma série de alcalóides representados pelas histrionicotoxinas, gefirotóxicas e pumiliotoxinas. Apesar de não ter atividades tóxicas marcantes, esses compostos e seus derivados apresentam ações farmacológicas dignas de nota. As histrionicotoxinas, as mais conhecidas depois das batracotoxinas, foram isoladas inicialmente de *Dendrobates histrionicus*. Elas atuam principalmente em junções neuromusculares de vertebrados e são importantes ferramentas para o estudo de receptores colinoceptivos. Muitos dos alcalóides, ainda pouco estudados quanto às suas propriedades farmacológicas, pertencem aos grupos das histrionicotoxinas, pumiliotoxinas e gefirotóxicas.

Recentemente foi isolado um novo alcalóide da pele de *Epipedobates tricolor*. Esse composto, denominado epibatidina, tem ação analgésica semelhante à da morfina, sendo, no entanto, cerca de 200 vezes mais potente do que esta. Outra descoberta surpreendente foi a de substâncias com odor desagradável, atribuído à presença de mercaptanas (compostos orgânicos que contêm enxofre), em *Aromobates nocturnus*, uma nova espécie de dendrobatídeo descoberta na Vene-

zuela. Trata-se de uma modalidade de defesa até então inédita entre os anfíbios, mas comum em mamíferos como o gambá. Estamos estudando algumas espécies brasileiras de dendrobatídeos, como *Epipedobates flavopictus* (figura 16), com a colaboração do biólogo Márcio Martins, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (ver "Dendrobatídeos: cores e venenos", em *Ciência Hoje*, n.º 53, p. 34).

Sugestões para leitura

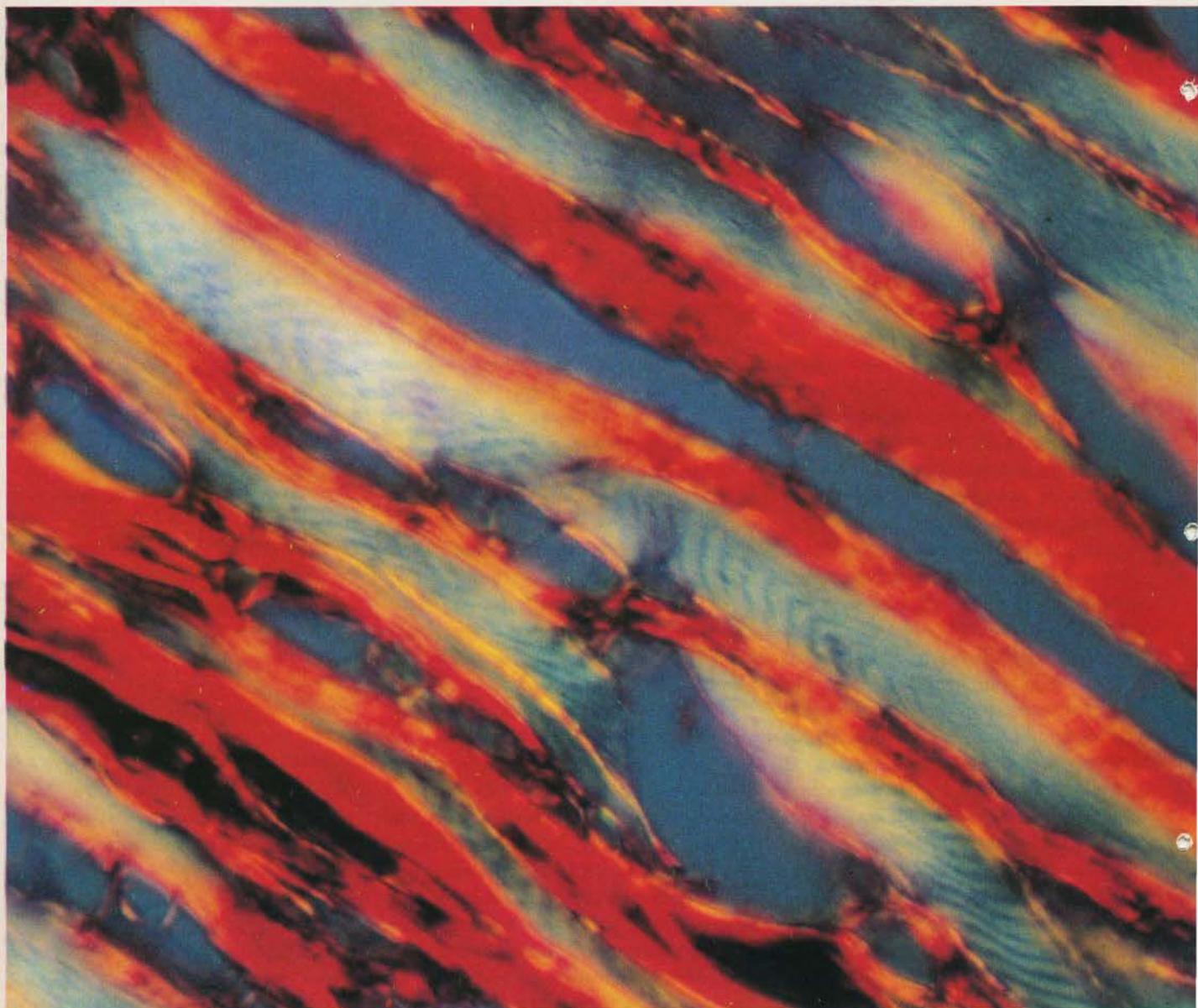
- DALY J.W., MYERS C. W. & WHITTAKER N., 'Further classification of skin alkaloids from neotropical poison frogs (Dendrobatidae), with a general survey of toxic/noxious substances in the Amphibia', in *Toxicon*, 25 (10): 1023-1095, 1987.
- DUELLMAN W.E. & TRUEB L., *Biology of amphibians*, Nova Iorque, McGraw-Hill, 1986.
- ERSPAMER V., 'Biogenic amines and active polypeptides of the Amphibian skin', in *Annual Review of Pharmacology*, 11: 327-350, 1971.
- HABERMEHL G.G., *Venomous animals and their toxins*, Berlin, Springer-Verlag, 1981.
- TOLEDO R.C. & JARED C., 'Considerações sobre venenos de anfíbios', in *Ciência e Cultura*, 41 (3): 250-256, 1989.

Colágeno

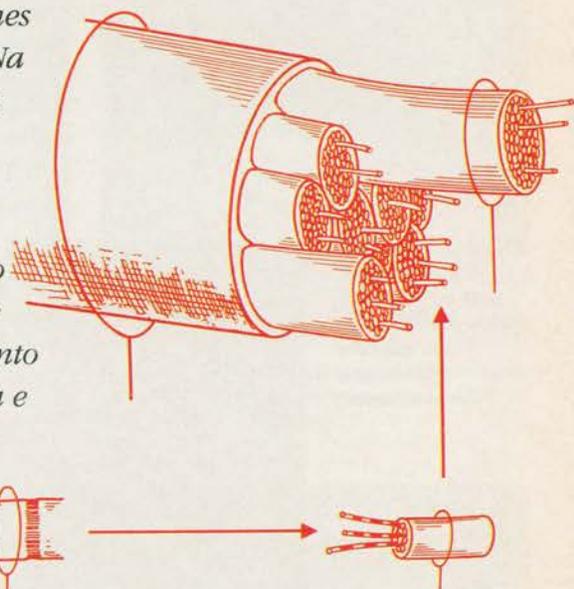
A molécula de múltiplas funções

Luiz Carlos Uchôa Junqueira

*Laboratório de Biopatologia Celular,
Faculdade de Medicina,
Universidade de São Paulo.*



a palavra colágeno vem aparecendo ultimamente nos jornais e na televisão associada sobretudo a cremes cosméticos ou a injeções subcutâneas para corrigir rugas. Na realidade, colágeno é o nome de uma família de moléculas protéicas com importante papel no nosso corpo, como demonstram numerosos e recentes estudos. A análise desta família de moléculas, muito parecidas entre si, permite compreender a origem de várias doenças e contribui para o aperfeiçoamento das técnicas de produção e reprodução de células em larga escala fora do organismo. Esse conhecimento tem favorecido avanços significativos no campo da biologia e das ciências da saúde.



Se tirarmos a pele de um animal, veremos que a sua superfície interna é branca. Esta substância branca é o colágeno. Se aquecermos esta pele em água a altas temperaturas, o colágeno se dissolverá, formando um líquido viscoso que é utilizado como cola. Daí provém o nome: cola + geno (gerar). Esta cola usada na culinária e na indústria constitui a gelatina. Após tratamento químico que impede o seu apodrecimento, o colágeno da pele constitui o couro.

Estruturas fibrosas de colágeno e de elastina (substância que compõe as fibras que dão elasticidade à pele) desempenham no nosso corpo papel análogo ao dos vergalhões em uma construção, na qual as células seriam os tijolos. A molécula de colágeno é o resultado da associação de moléculas protéicas alongadas: são três cadeias de aminoácidos, presos como elos de uma corrente, que se enrolam umas às outras formando uma tripla hélice (figura 1).

As moléculas de colágeno, por sua

vez, se unem, formando fibras muito finas, as fibrilas, visíveis apenas sob microscópio eletrônico (figura 2). As fibrilas se unem novamente, formando as fibras visíveis no microscópio óptico. O conjunto acaba adquirindo o aspecto de uma corda trançada por fibras finas dispostas em espiral. É uma estrutura tão firme que o colágeno mais forte do nosso corpo resiste mais a tensões do que um fio de aço.

Até o presente já foram identificados 14 tipos diferentes de colágeno no corpo de mamíferos. Destes, quatro — numerados de I a IV — são os mais conhecidos. Eles diferem entre si pela fórmula química, pelo modo de associação entre suas moléculas, pelas funções que desempenham e pelas doenças que a sua má-formação e a sua produção excessiva ou insuficiente podem causar.

O colágeno I é o mais abundante e está presente na pele, nos ossos, nos dentes e nos tendões. É produzido por uma célula chamada fibroblasto

Figura 1. O desenho mostra a estrutura da molécula de colágeno em tripla hélice; mostra também como estas moléculas se associam para formar fibrilas e fibras de colágeno.

(produtor de fibras) e apresenta-se sob a forma de fibras grossas (figura 3), sendo por isso o mais resistente a tensões.

O colágeno II é encontrado nas cartilagens e produzido pelas células cartilaginosas. Como não forma fibras, só é visível com microscópio eletrônico (figura 4). Associa-se a outras células da matriz extracelular, ligando-se fortemente à água (ver 'A matriz extracelular'). Ele funciona como uma

A matriz extracelular

Se o colágeno pode ser comparado aos vergalhões de uma construção e as células aos tijolos, o papel do cimento e da areia que ligam esses elementos é desempenhado por uma grande variedade de substâncias com características adesivas. As fibras e estas substâncias adesivas que se dispõem entre as células do nosso organismo receberam coletivamente o nome de matriz extracelular.

Na década de 80, uma série de trabalhos evidenciou a existência de uma íntima relação entre as células e os inúmeros componentes da matriz extracelular, cujo estudo vem fornecendo informações de grande importância para a biologia e para a medicina.

Tais trabalhos foram estimulados pela observação de que células cultivadas sobre uma camada de colágeno cresciam com muito mais vigor do que quando cultivadas sobre vidro ou matéria plástica. Ficou assim bem demonstrado que os inúmeros componentes da matriz, que são produzidos pelas células, agem sobre estas, estimulando e orientando o seu crescimento e as suas atividades na saúde e nas doenças.

Um resultado muito importante desses estudos foi a descoberta de que, com o auxílio de componentes da matriz associados a fatores que estimulam a reprodução das células (hormônios, por exemplo), é possível multiplicar fora do corpo humano quantidades ilimitadas de praticamente todos os tipos de células presentes no organismo. Uma aplicação direta desta descoberta foi a possibilidade de produzir pele de um paciente, para transplante em grandes áreas de pele perdidas em queimaduras. Outro exemplo é a possibilidade de cultivar células cancerosas de um paciente e

Figura 2. Fibrilas de colágeno vistas pelo microscópio eletrônico. Observe seu aspecto estriado, característico.

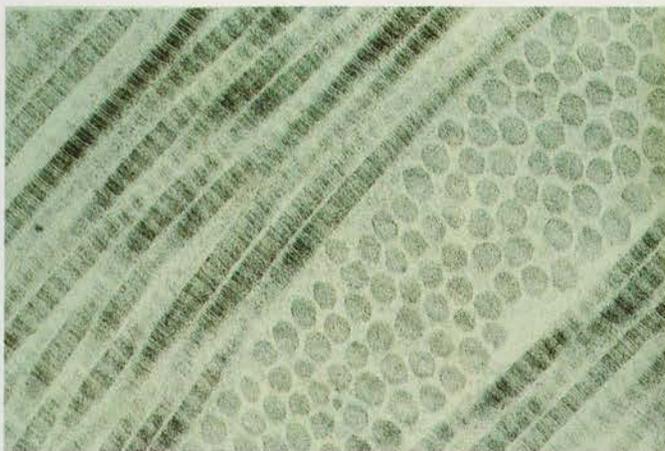


Figura 3. Micrografia eletrônica do fibroblasto, célula produtora de colágeno I, vendo-se: (a) fibrilas de colágeno; (b) região do citoplasma onde o colágeno é sintetizado; (c) núcleo do fibroblasto.

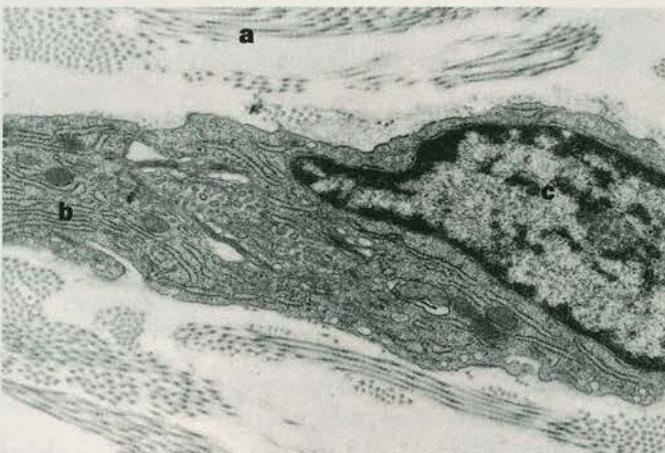
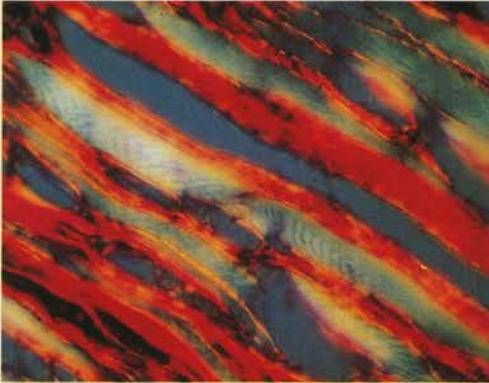
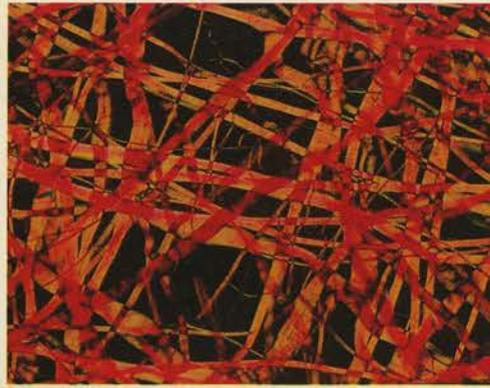


Figura 4. Corte de tecido cartilaginoso; nele, o colágeno não forma fibras, mas suas fibrilas se aglomeram, aparecendo como estruturas brilhantes quando observadas com polarização PSP.





5 6 Figura 5. Preparado de
7 8 mesentério corado com
Picrosirius e hematoxilina (PSH),
observado no microscópio óptico
sem polarização. Observe fibras
de colágeno coradas em vermelho
contra um fundo claro.

Figura 6. Mesentério corado com
Picrosirius e observado no
microscópio com polarização
(PSP). As fibras de colágeno
aparecem brilhantes contra o
fundo escuro. Note a presença de
fibras de colágeno de várias
espessuras.

Figura 7. Corte de pele de múmia
egípcia de aproximadamente dois
mil anos submetido ao método
PSP. Fragmentos cedidos de
autópsia realizada no Museu de
Arte de Filadélfia (EUA). Observe
colágeno em vermelho e a
musculatura em prateado. Ambas
estruturas resistiram ao processo
de mumificação.

Figura 8. Corte de pele de peixe de
couro. As fibras de colágeno têm
disposição característica, que
lembra o trançado de uma cesta.

testar a ação de vários medicamentos sobre elas. Obtém-se assim um ensaio terapêutico em laboratório, antes de medicar o paciente.

No Brasil, vários grupos de pesquisadores se dedicam ao estudo da matriz extracelular. Em maio do ano passado foi realizado o II Simpósio Brasileiro sobre Matriz Extracelular, ao qual compareceram cerca de 300 participantes. Quatro grupos têm tido neste país papel relevante nesses estudos. Eles pertencem ao Instituto Ludwig de Pesquisas contra o Câncer (em São Paulo), ao Laboratório de Biopatologia Celular da Universidade de São Paulo, ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e à Fundação Instituto Oswaldo Cruz, também no Rio de Janeiro.

Desde 1978, no Laboratório da USP, tivemos oportunidade de desenvolver, com apoio da Finep, CNPq e Fapesp, as bases teóricas e práticas de um método específico, barato e de execução simples, que permitiu observar ao microscópio óptico, com muita nitidez, vários tipos de colágeno em cortes de tecidos. Este método consiste em corar os tecidos com um corante chamado

Sirius Red e em observar esses tecidos usando um microscópio óptico com óptica normal e depois com óptica de polarização. Por este motivo, lhe demos o nome de 'Técnica da Picrosirius Polarização', ou PSP. Quando tratadas por este método, as estruturas que contêm colágeno coram-se em vermelho, ao serem estudadas sem polarização. Após o uso da polarização, o campo do microscópio fica escuro e o colágeno brilha intensamente contra esse fundo, como fogos de artifício em uma noite escura (figuras 5 e 6).

A partir de 1980, tivemos a inestimável colaboração de Gregório Santiago Montes, que contribui com grande eficiência na aplicação do método da PSP ao estudo de vários problemas biológicos e várias doenças. O método, além de ser específico, simples e barato, permitiu uma série de observações que complementam os dados da bioquímica e da imunologia. Por esse motivo, foi utilizado e adotado por inúmeros laboratórios pelo mundo afora. Foi-nos possível assim publicar nos últimos doze anos mais de 40 trabalhos em revistas internacionais, analisando uma série de doenças que

envolvem o colágeno. Pudemos também esclarecer o mecanismo de dilatação da cervix uterina durante o parto, estudar reações do colágeno na esquistossomose e em vários tumores humanos, determinar sua distribuição e arquitetura nas artérias, cartilagens e na regeneração dos tecidos.

O colágeno tem a vantagem de ser uma proteína resistente e que se deteriora lentamente, o que facilita seu estudo. Por este motivo é que nos foi possível estudar sua presença até mesmo em uma múmia egípcia do período ptolomeico, com aproximadamente dois mil anos (figura 7). Uma outra pesquisa, sobre a disposição do colágeno na pele de peixes brasileiros sem escama (figura 8) permitiu-nos estabelecer as bases para o uso do couro desses peixes na indústria.

É de lamentar que as notórias limitações existentes para as atividades científicas no Brasil venham prejudicando gravemente a continuidade das pesquisas neste setor, dificultando-nos a possibilidade de competir com os laboratórios estrangeiros.

esponja, cedendo água quando pressionado e voltando à forma primitiva quando a pressão cessa. Torna-se, assim, uma espécie de mola muito importante, que permite ao joelho, por exemplo, agüentar todo o peso do corpo. Nas pessoas obesas, ele freqüentemente se desgasta, o que causa problemas de locomoção.

O colágeno III é constituído por fibras presentes nas artérias, no músculo dos intestinos e do útero e em

órgãos como o fígado, o baço e os rins (figuras 9 e 10). É produzido pelas células musculares e outros tipos de células. As fibras deste tipo de colágeno apresentam certa elasticidade, e por isto são sempre encontradas em órgãos de forma variável, como intestino, útero e nas artérias.

O colágeno IV é formado por moléculas de colágeno que não se associam em fibrilas, mas prendem-se umas às outras pelas extremidades, formando uma rede semelhante a uma tela de arame. Ele se associa a várias moléculas não fibrosas da matriz extracelular e forma uma membrana contínua que separa certos tecidos (figura 11). Em certas regiões do corpo desempenha o papel de filtro. Isto é bem evidente nos rins, onde filtra a urina a partir do sangue. É produzido pelas células epiteliais, musculares e pelas células dos capilares sanguíneos.

Vê-se, portanto, que a família dos colágenos tem várias funções e que suas moléculas se dispõem de diferentes maneiras, de acordo com a função a ser desempenhada. Há fortes evidências de que estas moléculas foram se modificando durante a evolução dos seres multicelulares e se adaptaram gradualmente a várias funções que surgiram nesse processo.

a produção do colágeno é o resultado de uma complexa seqüência de eventos bioquímicos no interior das células, seguidos por outros fora delas (figura 12). Esta seqüência de eventos explica como é possível haver uma grande variedade de moléculas de colágeno. Explica também porque várias doenças decorrem da síntese defeituosa destas moléculas, pois quanto maior o número de etapas necessárias, maior a probabilidade de defeitos.

Algumas dessas doenças já são conhecidas, e é muito provável que seu número aumente consideravelmente no futuro, seja porque ocorrerão em outros tipos de colágeno, seja porque envolverão mais etapas da síntese dos tipos já conhecidos.

Além da produção de moléculas defeituosas, outras causas de doenças são a produção diminuída ou exagerada

Figura 9. Corte de artéria, observando-se a presença de fibras grossas de colágeno I na sua adventícia (em baixo), que contrastam com as fibras finas de colágeno III da sua camada média (em cima).

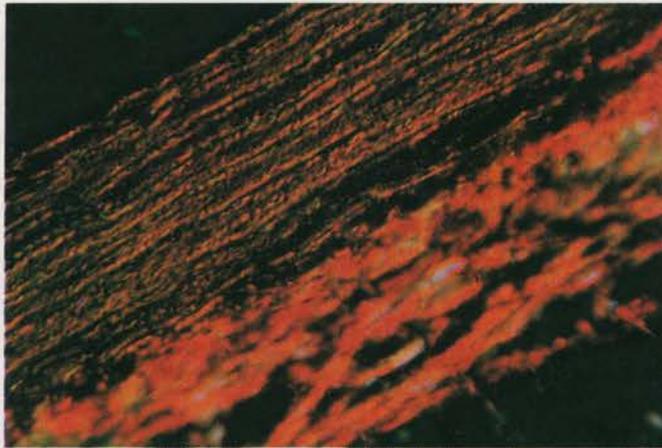


Figura 10. Corte de fígado humano com cirrose. Nessa doença, ocorre uma invasão do órgão por colágeno, que prejudica a circulação e o funcionamento do órgão. À direita, fibras grossas de colágeno I e à esquerda fibras finas de colágeno III. Observação pelo método PSP.

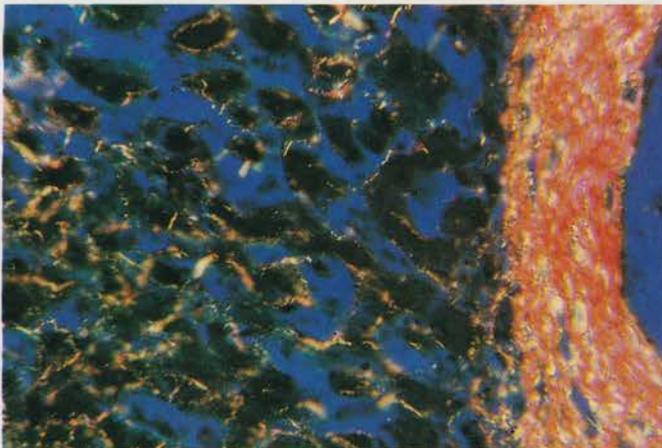
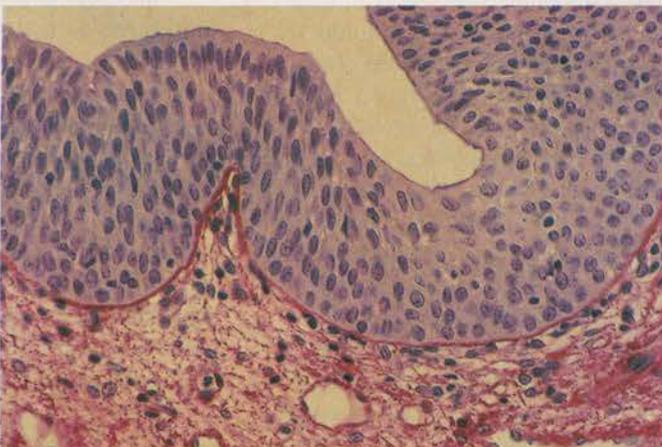


Figura 11. Corte de pênis humano mostrando a membrana basal como uma membrana fina, que separa o epitélio azul (em cima) do tecido conjuntivo subjacente, rico em fibras de colágeno vermelho. Observação com PSH.



de colágeno. A síndrome de Ehlers-Danlos é um exemplo de produção diminuída do colágeno I (figura 13). A pele dos pacientes fica fina e friável, rasgando-se facilmente, e os ligamentos das articulações são frouxos. Numa forma benigna, ela se manifesta nas contorcionistas. Uma variante desta síndrome caracteriza-se pela falha na síntese do colágeno III. Os óbitos decorrem da ruptura das artérias e do intestino. Outro exemplo de produção defeituosa de colágeno I é a *osteogenese imperfecta*. Nos casos graves, o processo começa na fase intra-uterina, com fraturas nos ossos do feto, processo que se exacerba durante e logo após o parto, levando a criança à morte precoce.

A produção excessiva de colágeno do tipo I pode provocar a esclerose múltipla progressiva (EMP). A produção aumenta gradualmente, atingindo sobretudo a pele dos membros superiores, da face e do esôfago. A quantidade produzida é tão grande que o colágeno forma uma camada dura na pele das mãos, deformando os dedos e impossibilitando seus movimentos (figura 14). Quando ocorre na face, o paciente parece estar usando uma máscara, tal a dificuldade em contrair os músculos faciais.

A formação de quelóides é o resultado da produção excessiva de colágeno em cicatrizes. É mais comum e intensa em negros e dificulta as cirurgias reparadoras — principalmente de queimaduras —, pois a tentativa de corrigir os quelóides faz com que apareçam em maior número. O método que desenvolvemos, da Picrosirius polarização, permitiu também analisar a participação do colágeno na esquistossomose (figura 15) e nos tumores (figura 16).

Já há algum tempo, revistas, jornais e televisão vêm dando publicidade ao uso de cremes de colágeno, que, dizem as notícias, teriam a capacidade de revitalizar a pele e de acabar com as rugas ou atenuá-las. Como não existe nenhum trabalho científico publicado que demonstre, com bases sólidas, esses resultados, fica bem claro que seu

uso é vantajoso apenas para o bolso de quem os vende...

O mesmo acontece com as injeções de colágeno, recomendadas contra as rugas. A experiência demonstrou que o colágeno injetado debaixo da pele, sob forma de gelatina, realmente forma uma almofada subcutânea que distende a pele, reduzindo localmente as rugas. Entretanto, o que também se verificou é que após alguns meses o colágeno é reabsorvido e as rugas voltam a

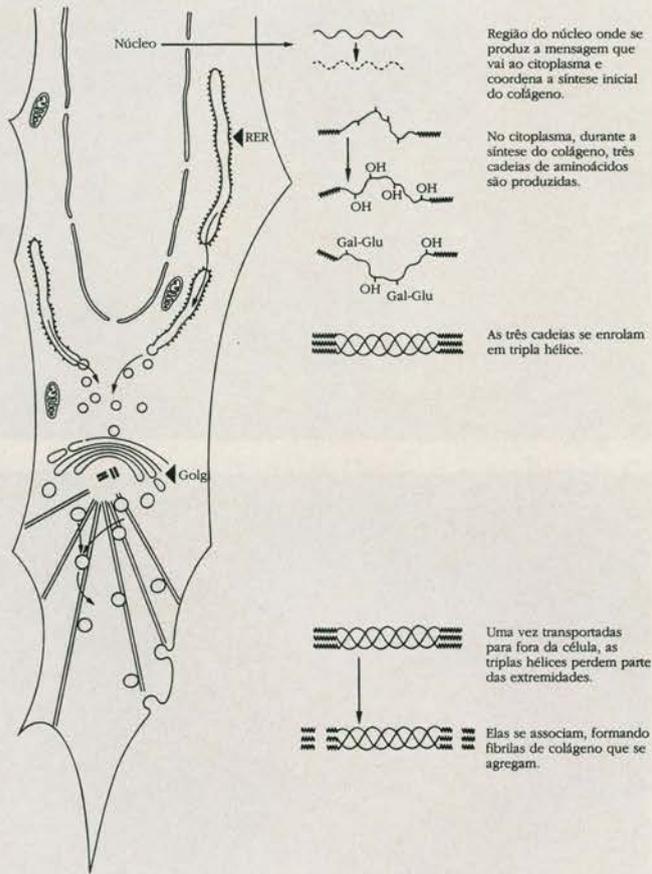


Figura 12. O desenho ilustra as várias etapas e transformações pelas quais passa o colágeno durante a sua síntese (dentro) e o seu processamento (fora) da célula.

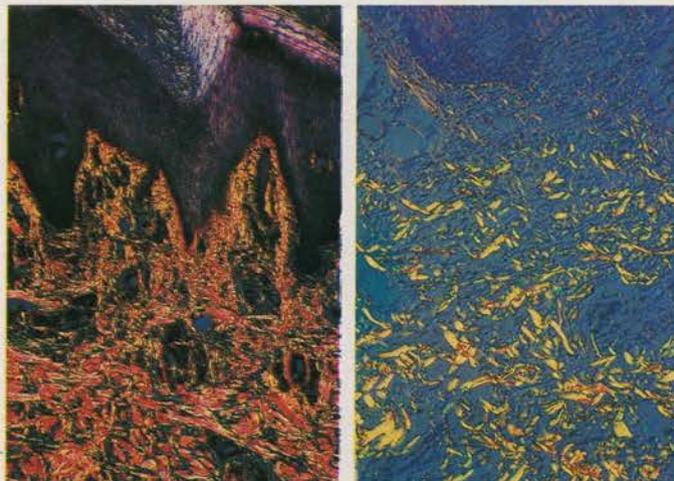


Figura 13. À esquerda, cortes de pele de uma pessoa normal e de outra, à direita, com deficiência de síntese de colágeno I, corados por Picrosirius e hematoxilina. Neste caso, a pele é de portadora de uma variante da doença de Ehlers-Danlos, com diminuição acentuada de colágeno.

aparecer. Trata-se, portanto, de um tratamento provisório que teria de ser repetido com frequência, aumentando a possibilidade de uma reação imunológica indesejável.

Esse entusiasmo pelo uso do colágeno foi acompanhado do investimento de vultosas somas na comercialização e publicidade desses produtos. Isso deu oportunidade ao surgimento de inúmeros charlatães: durante certa época, o colágeno servia

para tudo, e chegou a aparecer um 'cientista' que preconizava na imprensa o seu uso como anticoncepcional. O triste de tudo isto é que o método químico de preparação do colágeno é muito simples e barato. Nós o preparamos, como rotina, desde 1978. Mas isso não impediu que fosse importado do exterior por preços elevadíssimos e para usos que resultaram em nenhuma utilidade.

Por outro lado, o colágeno isolado ou associado a outros componentes da matriz extracelular apresenta a capacidade bem demonstrada de estimular a reprodução e a atividade das células, como no caso de produção de pele a partir de células de um paciente. Os estudos do efeito da matriz extracelular sobre a produção de medula óssea estão bem adiantados. É de se prever para um futuro próximo a sua produção em laboratório, para enxerto em doentes de leucemia ou em vítimas de irradiação, como as do acidente em Goiânia com césio radioativo.

É bem possível que, com o tempo, ampliem-se os bancos de células já existentes, como o do Instituto Nacional do Câncer (Rio de Janeiro), armazenando-se células com características imunológicas definidas. Isso permitirá a produção de tecidos com determinadas características, de modo a eliminar a necessidade de certos tipos de transplantes e os problemas de rejeição que essas cirurgias envolvem.

Sugestões para leitura

JUNQUEIRA L.C.U. e MONTES G.S., 'Biology of collagen-proteoglycan interaction'. *Arch. histol. jap.*, vol. 46, pp. 589-629, 1983.

JUNQUEIRA L.C.U., JOAZEIRO P.P., MONTES G.S., MENEZES N. e PEREIRA FILHO M., 'The collagen fiber architecture of Brazilian naked catfish skin'. *Brazilian J. Med. Biol. Res.*, vol. 16, 313-316, 1983.

MONTES G.S. e JUNQUEIRA L.C.U., 'The use of the picosirius-polarization method for the study of the biopathology of collagen'. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 86, Supl. 3, pp. 1-11, 1991.

MONTES G.S. e JUNQUEIRA L.C.U., 'Biology of collagen'. *Rev. Can. Biol. Experiment*, vol. 41, pp. 143-156, 1982.

EDIÇÃO DE TEXTO *Maria Ignez Duque-Estrada*

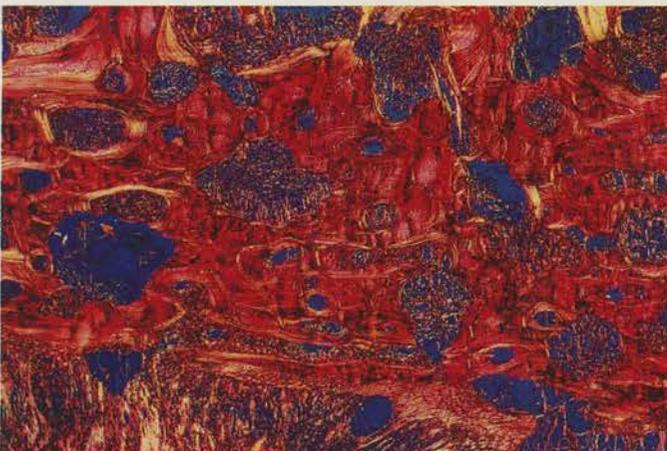
Figura 14. Mãos de paciente com esclerose múltipla progressiva. A produção excessiva de colágeno endureceu e deformou seus dedos.



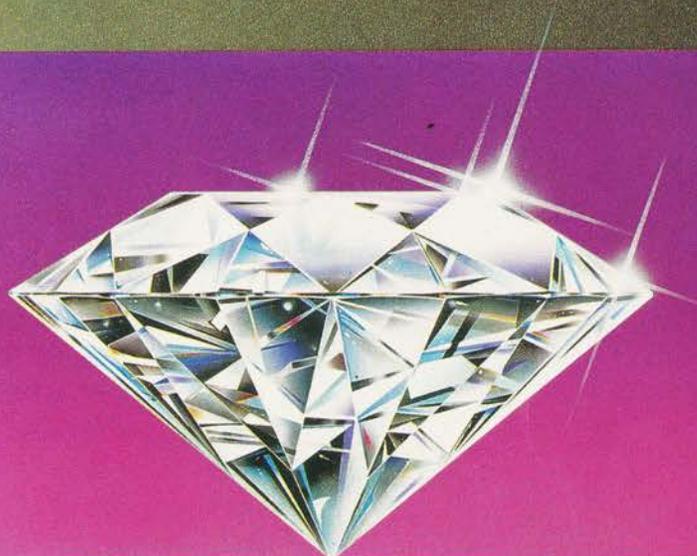
Figura 15. Corte de fígado de animal com esquistossomose experimental. Observe o colágeno envolvendo o ovo do esquistossomo. Esta reação do colágeno no fígado dos pacientes esquistossomóticos leva gradualmente a uma obstrução da circulação no órgão, com graves conseqüências.



Figura 16. Corte de tumor ósseo (osteossarcoma). O tecido ósseo característico deste tipo de tumor só é reconhecível pelo método da PSP, que facilitou muito o seu diagnóstico.



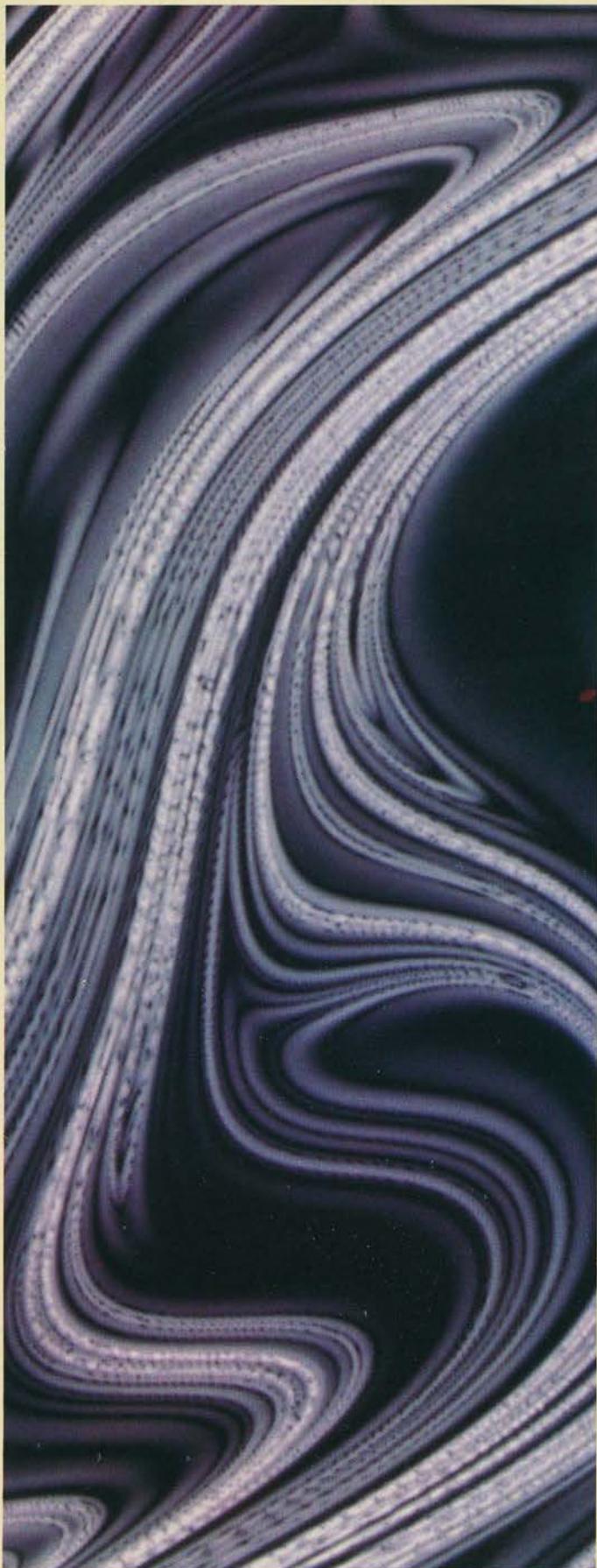
INCENTIVAR E FINANCIAR OS ESTUDOS DOS DEFEITOS É UMA DAS MAIORES QUALIDADES DA FINEP



Nos 25 anos da FINEP, a qualidade de vida sempre foi fundamental. Não adianta um produto apenas bonito se ele não possui qualidade. Uma vacina ser aplicada se não for eficaz. Ou um ônibus, limpo, confortável e seguro, sem horário certo para circular. A qualidade de processos, produtos e serviços é parte importante para a sobrevivência de todas as empresas. Para atingi-la, a FINEP financia a implantação de sistemas de qualidade total, treinamento e educação, aquisição de "software" e desenvolvimento de banco de dados, necessários à ges-

tão de processos de trabalho. É uma nova cultura que se implanta no Brasil a caminho da modernidade. É preciso dotar as empresas de novas técnicas e métodos capazes de elevar a qualidade e a produtividade na criação de bens e serviços, com padrão internacional para o consumidor brasileiro. E a FINEP, além de contribuir com instrumentos para a sobrevivência da empresa, focaliza a ação no elemento essencial de sua atuação: o Homem.

Para a FINEP, apoiar e financiar a qualidade é uma de suas maiores qualidades.



Celso Grebogi

O caos sob controle

O paranaense Celso Grebogi, professor do Departamento de Matemática da Universidade de Maryland (EUA), é autor de muitos trabalhos influentes em dinâmica caótica. Doutor pela Universidade da Califórnia (Berkeley), trabalha com James Yorke e Edward Ott no grupo de caos de Maryland, um dos mais importantes do mundo. Em 1991, publicaram *Controlling Chaos*, artigo que produziu um profundo impacto na área de sistemas dinâmicos não lineares.

Nesta entrevista, Grebogi fala de sua experiência pioneira no estudo e no desenvolvimento da dinâmica caótica, da estrutura universitária dos EUA, do intercâmbio científico internacional, entre outras coisas.

Entrevista concedida para Ildeu de Castro Moreira (Instituto de Física da UFRJ e Ciência Hoje), Penha Maria Cardoso (Instituto de Física da UFRJ), Jair Koiller (Laboratório Nacional de Computação Científica e Instituto de Matemática da UFRJ), Iberê Caldas (Instituto de Física da USP), Cássio Leite Vieira (Ciência Hoje/Rio).

O caos tem sido muito mencionado na imprensa. É comum falar de uma teoria do caos ou dizer que 'o caos é uma nova ciência'. Esse conceito muitas vezes é expandido, de forma temerária, para outras áreas do conhecimento e se fala que 'tudo é caos'. Essa euforia foi benéfica para o estudo do caos determinístico?

O caos não é novo, suas bases matemáticas foram estabelecidas por Poincaré, há cem anos. Neste século, os matemáticos têm estudado o que hoje é a dinâmica dos sistemas não lineares. É um instrumento poderoso em ciências físicas, biológicas e engenharia. Quanto à euforia da imprensa, ela não foi prejudicial. Os pesquisadores têm sido muito cuidadosos em não declarar coisas muito sensacionalistas. Não se pode afirmar que a dinâmica caótica explique isso e aquilo, que vá resolver o problema do mundo. Como todas as partes da ciência, ela tem suas limitações.

Alguns filósofos afirmam que vivenciamos hoje uma espécie de 'cultura do acaso'. Supõem o surgimento de um paradigma geral que permearia nossas tentativas de explicação do mundo. Tanto na física quanto em outros domínios científicos, nas ciências sociais, por exemplo, o conceito e a palavra caos se tornaram freqüentes. O que você acha disso?

Essas afirmações filosóficas são de certo modo negativas. Prefiro ver a coisa do ponto de vista mais matemático e não tão filosófico. Talvez, pense assim por causa da escola norte-americana que é muito pragmática. Podemos fazer um paralelo entre a teoria do caos e a das catástrofes, essa última se referindo

aos resultados matemáticos desenvolvidos por René Thom, matemático excelente, há alguns anos. Quando a teoria das catástrofes foi apresentada, dizia-se que ela iria resolver os problemas do mundo, os problemas sociais, os de prostituição, enfim, explicaria tudo. Isso obviamente não ocorreu. Só conheço dois problemas resolvidos, ambos por Michael Berry, em óptica. Afirmações genéricas desse tipo podem ser muito perigosas. É melhor permanecer no contexto da matemática ou no das aplicações diretas em ciências físicas, biológicas e tecnologia.

Obviamente, o caos não explica tudo. Mas outras teorias e avanços na física como a análise de Galileu sobre a queda dos corpos, o estabelecimento das leis da dinâmica clássica por Newton ou a mecânica quântica foram revoluções científicas em suas épocas. Embora não explicassem tudo, vieram para ficar e mostraram aspectos importantes do mundo. Até que ponto, mesmo não explicando tudo, os resultados matemáticos e físicos sobre os sistemas caóticos são revolucionários?

São, porque os cientistas perceberam que é importante estudar os sistemas usando equações completas, mantendo os termos não lineares. Por que demorou tanto para se estudar o caos determinístico se ele começou no final do século passado? Acho que a razão principal foi o sucesso da mecânica quântica. A

maioria dos físicos de partículas elementares e de matéria condensada se esforçou para estudar os fenômenos da mecânica quântica, que é uma teoria linear, sem caos. Também era difícil estudar fenômenos não lineares em engenharia ou física. Até em plasma, cujos fenômenos envolvem muitos corpos e onde a mecânica quântica não entra, é possível estudar os sistemas 'linearizando' as equações, o que novamente elimina o caos. Quando os físicos perceberam que não se podia estudar os sistemas com profundidade caso não fosse incluída a não-linearidade, o caos reapareceu. Isso ocorreu em paralelo com o aparecimento dos computadores.

Em sua opinião, quais as principais contribuições do grupo em que você trabalha desde 1981?

Do ponto de vista matemático, descobrimos vários fenômenos fundamentais, por exemplo, duas das poucas rotas existentes para o caos. Uma delas se tornou importante, porque é prevalente, ocorre com freqüência em sistemas físicos, biológicos ou de engenharia. Descobrimos uma outra que não é tão comum, mas

que agora está sendo muito estudada. O estudo do controle do caos foi uma das coisas que introduzimos recentemente. É uma área com grande potencial, que tem atraído muitos pesquisadores de engenharia e teoria de controle. Atualmente, investe-se muito tempo e dinheiro nela. O controle do caos é um conceito muito interessante. As pessoas costumam me perguntar por que é preciso conhecer o caos, por que estudar os sistemas físicos caóticos. A primeira res-

posta é dizer que, ao se projetar um sistema qualquer, se tenta sempre evitar o caos. Queremos que uma máquina, uma indústria ou um sistema físico se comportem de uma maneira periódica, previsível. O que dizemos agora é que pode ser interessante projetar uma máquina ou uma indústria para que ela se comporte de uma forma caótica. Por que queremos isso? Porque o caos vai dar flexibilidade ao sistema. Um sistema caótico tem acesso a muitos estados diferentes, a muitas situações diversas, através de variações muito pequenas nas condições iniciais.

Isso quer dizer que a estrutura tipo 'escola de samba' poderá dominar a indústria dos EUA, a sua forma de organização (risos)?

Se a forma de organização da escola de samba é uma estrutura caótica, então há possibilidade, pela sua flexibilidade, de dominar o sistema norte-americano. Exemplo: projeta-se uma indústria química para se comportar de uma maneira periódica, previsível. Ela deve produzir uma tinta, digamos, azul. Se eu quiser produzir o amarelo, devo mudar a linha de produção de forma drástica. Mas se projeto a indústria para o estado caótico, o estado dessa linha de produção poderá visitar os estados que correspondem a todas as cores possíveis. Se quero o azul, a controlo, com perturbações absolutamente pequenas, para produzir essa cor. Se não, desligo

o controle e, como o sistema é caótico, o estado dessa linha se move para outros estados possíveis. Com um controle muito pequeno, posso produzir o amarelo. Usando essa teoria de controle, que imaginamos, pesquisadores do Centro Médico da Universidade da Califórnia tentaram controlar o coração. Eles extraíram o coração de coelhos brancos da Nova Zelândia e usaram uma droga tipo *digitalis*, que leva o coração a um estado caótico. Aplicaram impulsos elétricos extremamente pequenos e levaram o coração ao estado periódico que desejavam. O coração pode, então, bater muito mais lento, periódico, prolongando, de certo modo, a vida. Pode-se também escolher um estado periódico muito mais rápido. O estado caótico não pode bombear o sangue de uma forma efetiva e precisa, mas, ao colocarem o coração nessa situação, pode-se escolher, a partir daí, o estado periódico que se quer. Na prática, a vantagem é que se poderia implantar um microcircuito, próximo ao coração, para detectar quando esse órgão entra em estado caótico – um estado de fibrilação, por exemplo – e, imediatamente, por impulsos elétricos muito pequenos, levá-lo novamente ao estado periódico. Teríamos um marcapasso inteligente. Essa técnica, que poderá trazer muitos benefícios e dinheiro, já está patenteada. Publicamos essa teoria em março de 1990 e em poucos meses foram feitas várias experiências. Além dessa experiência na Califórnia, houve a do Sérgio Rezende, no Recife (ver *Ciência Hoje*, nº 71, p. 61) e uma outra nos laboratórios da Marinha norte-americana, em Washington. Na Filadélfia, na Pensilvânia e no Instituto de Tecnologia da Geórgia, entre outros, também foram feitas experiências. Todas elas em sistemas diferentes, de laser, elásticos, de spin etc. O controle do caos funciona. É um controle tipo pena, porque se aplicam perturbações extremamente pequenas e pode-se controlar sistemas muito grandes, sem alterá-los. É como guiar um elefante com uma varinha, dando uma pancada no lugar certo. A idéia é não evitar o caos, mas o oposto, projetar uma máquina, uma indústria ou uma experiência para se comportarem de forma caótica e, portanto, flexível. É uma aplicação positiva do caos.

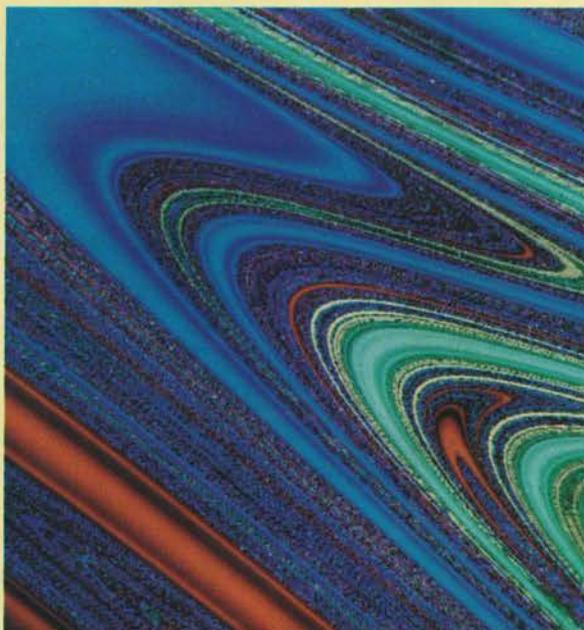
Que outras aplicações práticas poderia ter o controle do caos?

Um exemplo vem da química: é o processo que produz poliéster, cuja produção, só da Dupont, nos EUA, envolve cinco bilhões de quilos por ano. É uma reação de oxidação e sua eficiência é de 78%. Alguns trabalhos provaram que é uma reação caótica. A dimensão do atrator caótico, que surge no espaço de estados (espaço de fase) que descreve a reação, é baixa, cerca de quatro ou cinco. Se for possível, por exemplo, aumentar a eficiência da reação em 10% com essa teoria de controle, o ganho imediato seria de 100 milhões de dólares. Por isso, estão oferecendo uma quantia

enorme para essa pesquisa. Elaboramos um projeto para ajudar a Dupont. Se o dinheiro vier, a gente contrata alguns pós-doutorandos para trabalharem nesse problema. Outra aplicação do controle do caos, no qual o Departamento de Energia está interessado, se refere à construção dos superaceleradores de partículas que usam supercondutores. Controlando-se a espessura do feixe de partículas no acelerador, cujo comportamento é caótico, o tamanho dos supercondutores poderia diminuir e se economizariam bilhões de dólares. A quantidade de dinheiro disponível para essa pesquisa é praticamente ilimitada.

Você falou de rotas para o caos e controle do caos, mas houve outras coisas importantes que o grupo de vocês realizou ...

Sim. Passamos pelo menos dois anos estudando as estruturas de fronteiras fractais de bacias de atração. Havia um trabalho matemático inicial, feito nos anos 40, por matemáticos ingleses. Mas fomos os primeiros a estudar, em profundidade, essas fronteiras fractais, nome que demos para esse tipo de coisa. A capa de *Ciência Hoje*, nº 80, dedicada ao caos, é uma figura desse tipo, que produzimos com um equipamento especialmente construído. É uma propriedade também importante e leva à imprevisibilidade, porque a dimensão dessas estruturas não é inteira. Outra área foi a teoria do espalhamento caótico em sistemas que conservam a energia. A idéia é estudar o espalhamento de partículas lançadas contra outras, fixas, e observar como são desviadas. Aqui também as partículas podem ter comportamento caótico. É a mesma idéia do espalhamento atômico, iniciado por Rutherford, só que com um mínimo de três átomos, como centro de espalhamento, para haver caos. Aplicações na física e na astronomia estão sendo discutidas. Trabalhamos também em outros problemas mais técnicos. Em um deles, discutimos a validade das computações numéricas, o que é muito importante quando se trabalha com simulações em computadores. Como os sistemas típicos não são lineares, é importante que se saiba se as trajetórias, obtidas no computador, são válidas e não são apenas artefatos computacionais. Isso porque há erros de truncamento e, em sistemas caóticos, eles crescem muito rápido, de uma forma exponencial. A validade dessas trajetórias numéricas é fundamental na dinâmica caótica. Trabalhamos nisso há vários anos. Usamos várias técnicas e conseguimos provar rigorosamente, matematicamente, a existência de trajetórias verdadeiras que estão arbitrariamente próximas das trajetórias caóticas obtidas no computador. Iniciamos também o estudo de sistemas com dimensões mais altas, quatro, por exemplo. Muitos problemas novos estão surgindo, principalmente em razão das estruturas extremamente complicadas desses conjuntos caóticos quando a dimensão aumenta.



E o estudo do chamado 'caos transiente' pode ser importante em biologia?

Exato. A idéia de caos na verdade é assintótica, se aplica quando o tempo vai para o infinito. Em geral, todos os sistemas são transientes. O universo é um estado transiente, a vida é transiente. É importante, então, ver o que acontece em um tempo curto. Em uma experiência típica, não se espera um tempo infinito para se ver qual é o estado assintótico final. É comum para um sistema se comportar de forma caótica por curto tempo e, posteriormente, tender assintoticamente a um estado periódico. A caracterização desses estados transientes é de grande importância para o estudo da dinâmica caótica e para a compreensão de experiências físicas e de engenharia e, especulando, até para o comportamento do cérebro. Já se tenta aplicar as idéias do transiente caótico para o comportamento de trens de pensamento (alterações bruscas de pensamento) que seriam mudanças de um estado transiente caótico para outro.

Quais as limitações atuais da teoria dos sistemas dinâmicos e como está a questão do conhecimento sobre o comportamento turbulento de gases e líquidos?

Este é um problema muito complicado. Em dinâmica, há evolução temporal de um sistema. Em turbulência, há também o aspecto espacial: o comportamento é espaço-temporal. O desenvolvimento até agora, ao menos em dinâmica, tem se limitado a sistemas de poucas dimensões. Quando a parte espacial é acrescentada, a dimensão aumenta infinitamente. Não se sabe quase nada sobre esses sistemas. Por isso, a explicação da turbulência é tão difícil. Os avanços na teoria da turbulência, usando técnicas da dinâmica caótica, são muito lentos e devem ser feitos seletivamente, com muito cuidado.

Você chegou aos EUA num momento propício, quando essa área começava a se desenvolver, e ganhou grande experiência trabalhando em um dos melhores grupos do mundo. Qual é a importância que essas pesquisas em sistemas dinâmicos tiveram, até agora, em física e áreas correlatas, e quais as perspectivas futuras?

As aplicações dos sistemas dinâmicos começaram no final dos anos 70, quando foram analisados, com o uso dos computadores, sistemas simples como o mapeamento logístico e o sistema de Hénon. Nesses, foi possível testar se uma idéia era válida ou não. Caso fosse, tentava-se obter uma prova matemática para o que ocorria. Como começamos a trabalhar logo no início dessa área, havia uma grande quantidade de fenômenos simples e importantes que poderiam ser descobertos. Descobrimos vários fenômenos e demos nomes a eles, porque é importante dar nomes às coisas que são descobertas. Eram propriedades básicas de sistemas

dinâmicos e ocorriam em uma classe muito grande de sistemas não lineares. Depois, pensou-se que seria difícil descobrir novas coisas e muitos pesquisadores, vindos de outras áreas da ciência, voltaram a elas. Nós continuamos e valeu a pena, porque muita coisa foi descoberta, tanto na matemática quanto experimentalmente. Até agora, os fenômenos estudados são sistemas de dimensão muito baixa, um ou dois. Não há quase prova matemática alguma para sistemas de dimensão mais alta.

Durante algum tempo, você estudou relatividade e depois fez o doutorado em plasma. Em que momento você se interessou por sistemas dinâmicos e pelo caos?

Comecei a estudar relatividade no Paraná, com o físico Hugo Cremer, que morreu tragicamente. Deixei o Paraná e vim estudar na PUC, do Rio. Antes de terminar o mestrado, fui para os EUA.

Escolhi Maryland, que tinha um relativista famoso, Charles Misner, mas que naquela época desistiu de trabalhar em relatividade. Mudei para física do plasma, área em que fiz doutorado. Ofereceram-me uma posição de pós-doutorado em Berkeley e, naquela época, um problema importante em plasma era o controle da fusão, problema altamente não linear, em que o caos é importante. Passei a assistir cursos no departamento de matemática, em Berkeley, e comecei a trabalhar em problemas relacionados com o caos. Fiquei três anos lá, tentei voltar ao Brasil, mas, em 1981, a situação estava difícil para se obter empregos aqui. Aceitei uma oferta da Universidade de Maryland e fui trabalhar com o matemático James Yorke, quem deu o

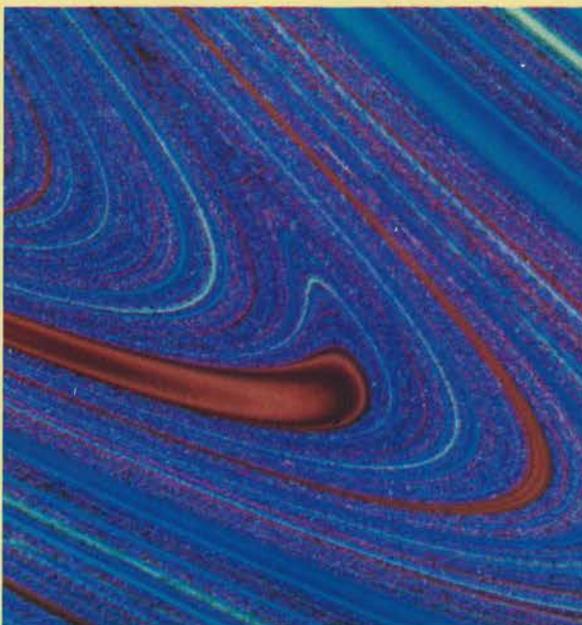
nome caos a esse campo de estudos.

Você disse que, por volta de 82, enfrentou um dilema na vida: voltar ao Brasil ou ficar nos EUA. Mas decidiu ficar lá. Você, a partir daí, fez uma carreira brilhante nos EUA. O que você ganhou e o que você perdeu com isso?

Sem dúvida, perdi o estilo de vida brasileiro. Escolhi ficar em Maryland, que é em Washington, onde há mais opções culturais, o que atenuaria esta perda. Mas, do ponto de vista científico, acho que ganhei muito. Tive todas as facilidades para desenvolver o meu trabalho. A estrutura do instituto e da universidade estava pronta, estabelecida para se chegar lá e produzir. Tudo que se investiu resultou em algo produtivo e foi possível, em poucos anos, realizar uma grande quantidade de trabalhos.

Você que esteve agora na UFRJ, por alguns dias, como avalia as possibilidades dessa área de pesquisa no Brasil? Se tivéssemos equipamentos adequados, haveria a massa crítica necessária?

Acho que sim. Há mais professores de física aqui na UFRJ – não



sei como é na matemática – que no departamento de física da Universidade de Maryland, que é o maior dos EUA, com 80 pessoas. Aqui, há cerca de cem. Mas não se pode esquecer também a questão de salários, de equipamentos etc. Na área de sistemas dinâmicos, os computadores são importantes e é bom também acoplar teoria e experimentação. Acho que se poderia estabelecer aqui um programa de trabalho realista, confiável, visando, talvez, a aplicações tecnológicas.

Quais as possibilidades de emprego para um estudante ou pesquisador recém-formado nessa área?

A física é muito tradicional, muito convencional, e, portanto, é difícil para uma pessoa recém-formada em sistemas dinâmicos conseguir uma posição de professor de física. Se um pesquisador se aposenta em partículas elementares ou matéria condensada, emprega-se outro da mesma área. Áreas interdisciplinares como dinâmica não linear não têm espaço em um campo tão convencional como o da física. Este é um problema sério. Outros estudantes de física nos EUA têm dificuldade para se empregarem, mas isto não ocorre com quem se forma em caos. Sua formação é flexível, podem trabalhar em turbulência, matéria condensada, modelos matemáticos para sistemas biológicos etc. Difícil, sim, é conseguir um posto de professor nas universidades dos EUA. A maioria das pessoas que trabalha em caos veio da física. No eu e muitos amigos que conseguimos cargos de professor em departamentos de matemática. Parece que a matemática é mais aberta para campos interdisciplinares, enquanto a física é muito fechada.

Nos EUA, os pesquisadores, em geral, levam muito a sério a imprensa, principalmente a divulgação científica. Já no Brasil, isso não ocorre, não há ainda esse tipo de cultura entre nossos pesquisadores...

Lá os cientistas se esforçam para que seus trabalhos sejam publicados em revistas de divulgação como a *Science News*, *Science* ou *New Scientist*. Elas são lidas e comentadas no Congresso, pelo pessoal técnico e pelos assessores e têm impacto direto na administração federal. Ou seja, se você faz alguma coisa que saia nessas revistas, há uma boa chance de sua pesquisa ser financiada. Esforçamo-nos para produzir fotos bonitas de fronteiras fractais no computador. Uma delas é a capa da *Ciência Hoje*, nº 80. Para isso, gastamos quase dois milhões de dólares em equipamentos, só para fazer propaganda. Como retorno, obtivemos muito dinheiro para apoiar nossa pesquisa em matemática aplicada. Várias dessas fotos se tornaram capas de revistas científicas nos EUA. Esforçamo-nos para ter artigos nessas publicações e para que saiam na capa. Com certeza, se você sai na capa,

com uma análise de seu trabalho dentro, isso vai influenciar muito os políticos. Há um esforço bem orquestrado e gastamos muito tempo fazendo isso.

Acho que é possível tirar algumas lições da organização universitária norte-americana e a vivência do Celso pode nos ajudar. Uma delas é a criação de institutos em lugares agradáveis, com todas as condições de trabalho, sem pesquisadores permanentes. Esse tipo de estrutura daria certo no Brasil?

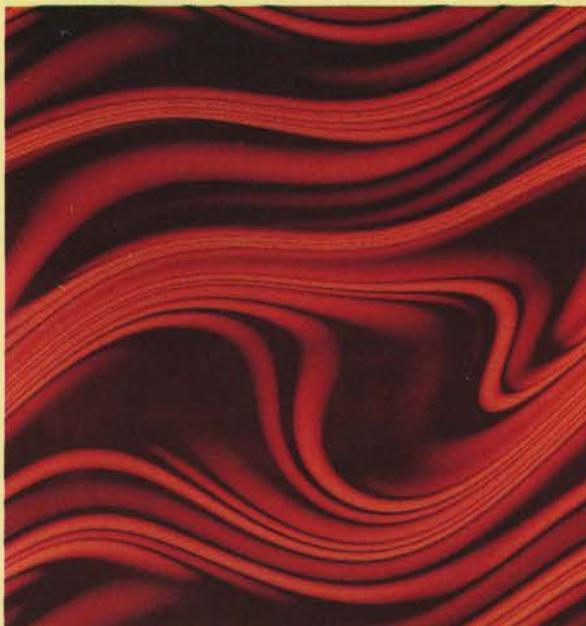
Isso surgiu porque o número de posições permanentes nos departamentos acadêmicos tradicionais é limitado. Lá, os departamentos são pequenos, mas há muito estudantes recém-formados de alto nível. A questão é: como acomodar e usar essas pessoas de maneira eficiente? O que as principais universidades como Maryland, Princeton e o Instituto de Tecnologia de Massachusetts fazem é formar institutos ou

centros de pesquisa. O dinheiro para isso vem geralmente do governo federal, de *grants*. Cria-se um centro e, como o pessoal é de bom nível, é fácil obter, por exemplo, dez milhões de dólares por ano. A universidade fica com cerca de 40% e o resto é para a pesquisa. É possível pagar muitos estudantes de pós-graduação, que fazem suas teses nesses institutos e podem seguir ali uma carreira de pesquisador, similar a de um professor universitário. É razoável e muita gente prefere isso a uma carreira de ensino. Nela, não se perde tempo dando aulas para a graduação, além da vantagem de orientar estudantes de pós-graduação que podem ajudar na pesquisa. Os professores dos departamentos acadêmicos são pagos para ensinar e como isso não toma

todo o tempo, eles pesquisam. Mas o dinheiro fundamentalmente é destinado ao ensino. Já nesses institutos, os recursos são inteiramente para pesquisa.

Há um vínculo grande da pesquisa com o interesse das empresas privadas ou existe flexibilidade? A universidade, ao se abrir eventualmente para receber recursos, não teria limitada sua autonomia para definir a sua própria pesquisa?

Acho que não. A limitação ocorrerá se a pesquisa não puder ser publicada. Mas isso é proibido pelos estatutos da universidade, qualquer trabalho pode ser publicado, mesmo se, por exemplo, os fundos vierem de um programa do governo federal, tipo Guerra nas Estrelas. Obviamente, há companhias que não querem que se publique a pesquisa financiada por elas, mas a universidade não aceita. O contrato é feito entre a indústria e a universidade, mas os pesquisadores desses institutos trabalham para as universidades. Mas uma estrutura diferente está surgindo agora com a criação de fundações. Através delas, é possível que muito dinheiro venha para as universidades, proveniente das indústrias. No Estado de Maryland, já existe uma. Nesse caso, é possível que os contratos sejam feitos



através das fundações. Aceitar esta estrutura, com as restrições dela decorrentes, dependerá do indivíduo ou do grupo de pesquisa envolvido.

Muitos cientistas da ex-URSS estão trabalhando agora nos EUA e outros têm manifestado interesse em vir para o Brasil. O que você acha desse intercâmbio científico?

Com a abertura da URSS, muitos físicos e matemáticos dessa área estão se mudando para os EUA. Sagdeev e Yakobson são professores em Maryland; Sinai, está em Princeton; Bunimovich, no Instituto de Tecnologia da Geórgia; Arnold, estudando a possibilidade de se mudar para os EUA. Poderia mencionar muitos outros nomes de cientistas importantes na mesma situação. Acho que para o Brasil seria muito bom receber cientistas estrangeiros. Os EUA têm tradição de serem tão bons em ciência por causa dos inúmeros cientistas levados para lá. Nas décadas de 1910 e 1920, a Alemanha era líder no campo científico e tecnológico. Depois, com o nazismo, houve um êxodo de cientistas alemães para os EUA. O exemplo mais conhecido foi Einstein. O país, então, tornou-se líder mundial em ciência e tecnologia. Não gastaram nada com isso, porque a educação e o aprimoramento desses cientistas foram feitos no exterior. O mesmo ocorre agora. Há pesquisadores russos que querem vir para o Brasil, mas há relutância em aceitá-los. O argumento é que poderiam tirar oportunidades dos brasileiros. Esse problema é real, está acontecendo nos EUA. Há recessão e muita gente está desempregada, mesmo no setor científico. A verba dos laboratórios de pesquisa, mesmo militares, está diminuindo. Ainda assim, os EUA estão trazendo cientistas, vendo quem é melhor e lhes dando emprego. Não interessa se é estrangeiro ou não. Embora muitos cientistas estejam, talvez, saindo do Brasil, acho que há também muita gente boa aqui. O que se deve fazer é dar oportunidades para todos, para os brasileiros e para os estrangeiros. Minha impressão também é que muitos brasileiros voltam. Quando estava no Paraná, havia só um professor com doutorado. Hoje, há muitos, a situação melhorou significativamente. Os EUA aceitam grande número de estrangeiros e investem muito dinheiro nisso, o que tem sido bom para eles, porque metade desse pessoal fica por lá. Os norte-americanos vêem esta questão sob dois aspectos: com os 50% que ficam, o investimento deles é recuperado; os 50% que voltam, de alguma forma, representam a ciência e a educação norte-americana no exterior.

É claro que quanto mais gente qualificada se puder trazer para o Brasil melhor. Mas é muito bom para nós que você esteja em Maryland e que a gente consiga incrementar um intercâmbio...

Claro. O Iberê, por exemplo, que está aqui, vem nos visitar uma vez por ano, fica lá alguns dias, fala com os pesquisadores, assiste seminários, usa os equipamentos mais modernos, pega os últimos livros e artigos e traz para São Paulo. Nós lhe damos todas as

facilidades. Há vários exemplos semelhantes. Estas conexões devem ser exploradas e desenvolvidas de uma forma que seja produtiva e interessante para ambos os lados.

É muito comum se ouvir ou ler que a qualidade do ensino científico nos Estados Unidos tem decaído. Você tem notado isso? A situação da escola elementar e secundária é um desastre nos EUA, calamitosa. O nível científico e de matemática dos norte-americanos é muito baixo. Quando eles entram na universidade, não estão preparados. Mas o nível das universidades não diminuiu. Na minha opinião, tem até melhorado. O nível da pós-graduação e da pesquisa continua a ser excelente. Os EUA continuam, acho, líderes mundiais desse nível, embora a Europa tenha também melhorado. A revista *Science* comparou a ciência de toda a Europa com a dos EUA, usando vários critérios e a conclusão é que estão mais ou menos iguais.

Você trabalhou em áreas aplicadas, o que, a meu ver, traz uma importante contribuição em longo prazo, mesmo na formação de um matemático. No Brasil, a educação em matemática é muito bitolada, baseada no esquema francês bourbakista. Veja que muitos dos mais importantes matemáticos brasileiros vêm da engenharia...

É verdade. Um dos grandes matemáticos brasileiros é o Maurício Peixoto, que é engenheiro civil. Muitos matemáticos nos EUA, os de Berkeley, por exemplo, de alguma forma se sentem à vontade ao falar em física ou em aplicações matemáticas na turbulência. A escola de

Bourbaki, de uma certa forma, pode ser contraprodutiva. Os matemáticos, mais e mais, tendem a falar em aplicações, porque aqueles que fazem isso recebem mais dinheiro, para pesquisar ou financiar estudantes.

A história de sua juventude é semelhante à de muitos estudantes brasileiros vindos de famílias pobres do interior do país. O que diria para um jovem estudante interessado em estudar física ou áreas correlatas e que fica desanimado com as condições de ensino e trabalho no Brasil?

A situação hoje melhorou muito e é mais fácil iniciar uma carreira científica no Brasil. Falando do Paraná, acho que um jovem de lá, se gosta de matemática ou de física, pode estudar tanto quanto um estudante no Rio ou nos EUA. Ele tem boas condições de aprendizado e de orientação. Para o doutorado ele pode, mesmo no Brasil – no Rio, em São Paulo ou em alguns outros lugares – ter um ensino do mesmo nível que nos EUA. Tempos atrás, era mais difícil. Não pude fazer física, como queria, porque não existia o curso. Havia só a licenciatura, mas não se aprendia física. Fiz, então, engenharia química, mas não aprendi física matemática. Nem científico fiz direito, fiz química industrial. Mas, em ciência, o importante, acima de tudo, é o interesse e a disposição de trabalhar duro. ♦

MAIS REALISTAS DO QUE O REI

A separação entre o processo de conhecimento e a prática política, produto do desprestígio do marxismo, vem acompanhada de um retrocesso iluminista. O que há de mais dinâmico e criativo no pensamento social de hoje é a recusa de se buscar uma verdade independente de outras considerações. A vida social pode ser vista como um jogo em que o verdadeiro compromisso consiste na aceitação de um papel cambiante, performático. Otávio Velho sugere que é preciso sair do plano da teoria e entrar no jogo por uma temática concreta, como, por exemplo, a monarquia, uma forma de governo que já experimentamos e que, em outros países, foi adotada novamente. No jogo político, a opção pela monarquia provoca as mais diversas reações, que vão da ironia à repulsa violenta. O que essas reações escondem? A análise aqui conduzida procura evidenciar os mecanismos subjacentes a essa recusa, geralmente feita em nome da 'modernidade'.

Otávio Velho,
*Departamento de Antropologia,
Museu Nacional, UFRJ.*

A perda de prestígio do marxismo provocou entre nós um fenômeno paradoxal. A possibilidade de uma articulação assumida entre o processo de conhecimento e a prática política com que se identificava o marxismo tendeu a ser repudiada, ganhando fortes posturas, como as inspiradas nos trabalhos mais metodológicos de Weber, que preferem marcar a separação necessária entre esses dois 'domínios'. No presente texto, parto da sugestão de que tal atitude encena o clássico jogar fora a criança junto com a água. E que – e aí está o paradoxo – esse movimento, que se quer de abertura e avanço, vem, então, acompanhado de uma espécie de retrocesso cientificista e iluminista em comparação com o que há hoje no panorama internacional de mais dinâmico e criativo no pensamento social.

Hoje, precisamente, o que há de mais dinâmico e criativo no pensamento social contesta nas suas manifestações mais fortes, a pretensão cientificista da representação enquanto 'espelho da natureza', na expressão de Richard Rorty em *Philosophy and the Mirror of Nature* (Princeton University Press, 1979), e a pretensão da tradição cartesiana-kantiana, de buscar uma verdade independente de outras considerações.

Tal contestação não precisaria levar, inevitavelmente, ao reconhecimento da necessidade e da eficácia de uma prática assumida. E, com efeito, é típica a atitude de ater-se ao registro das realidades de poder como constitutivas da 'produção de verdade'. Mas essa posição, na medida em que não mais seja fruto de uma clássica constatação de uma realidade 'objetiva', carrega em si uma contradição. Porque,

tendo que admitir não haver mais uma realidade 'externa' ao jogo do poder, a própria posição é parte do jogo. E, sendo socialmente significativa, qualquer postura, queira-se ou não, faz diferença.

Certamente, no entanto, a maneira (ou maneiras) de buscar recuperar a dignidade da militância do intelectual acoplada à sua atividade (e não como simples subproduto ou atividade paralela) não é óbvia. Aqui pretendo apresentar algumas possibilidades que se associam a uma espécie de postura experimentalmente 'performática' em que tenho me colocado. Não, evidentemente, para 'fazer escola', mas na esperança de estimular o debate.

Em trabalho recente (o *Memorial* apresentado ao Departamento de Antropologia do Museu Nacional, UFRJ, para concurso de Professor-Titular), eu dizia: "No fundo, o que eu queria era ser testemunha (para mim mesmo, inclusive) de que a vida social é um jogo em que o compromisso consiste menos em conformar-se à opinião média ou ao pertencimento a uma facção, e muito mais em aceitar representar um papel cambiante; em ocupar um *locus* dramático, performático. Mais um comentário que um reflexo da 'sociedade', sem o qual o jogo se empobreceria."

É bom frisar aqui a idéia de jogo. Ou seja, enriquecê-lo não significa 'desmistificá-lo', encontrar a sua 'essência', nada disso. Apenas, chamar a atenção para leituras alternativas às mais 'oficiais', até para leituras que possam estar como que 'reprimidas'. E, como se trata de um jogo, não é possível realizar essa operação 'de fora'. Daí a idéia de *performance*, que obviamente não pode excluir a vontade (relativa) de ganhar o jogo.

Por outro lado, estar 'dentro' do jogo significa não só que não se pode ficar no plano da 'teoria', mas também que não se pode ficar no plano das idéias abstratas e gerais. É preciso entrar por intermédio de uma temática concreta, mesmo que por intermédio dessa temática se estejam representando (no sentido teatral, não filosófico) problemáticas mais gerais.

A minha entrada deu-se preferencialmente nos últimos dois anos através de uma temática que foi posta inesperadamente – quase 'por acaso' – pela maneira como foi engendrado politicamente o plebiscito de 1993 sobre forma e sistema de governo: a temática da monarquia como forma alternativa de governo à república. É evidente que há nessa escolha certa dose de ironia, estimulada mais ainda pelo espanto ou gozação, quando não irritação ou mesmo repulsa violenta, que tal escolha provoca em círculos muito próximos. Diante de tais atitudes, não é difícil contrapor o fato de que a monarquia é uma forma de governo bastante atual, que nós aqui já tivemos uma monarquia e que mesmo a 'volta' a uma monarquia não seria o primeiro caso no mundo. Em geral, essa linha de argumentação obriga as pessoas a pensarem mais sobre o assunto, mas não desfaz a atitude inicial.

A seguir, é possível aprofundar uma linha de argumentação mais estritamente política e instrumental quanto às vantagens relativas do *parlamentarismo* monárquico sobre o republicano, sobretudo dada a separação radical entre o princípio de escolha do Chefe de Estado e do Chefe de Governo, por hipótese, garantia contra crises constitucionais e de competência. E que o torna instrumento maleável, hoje, na promoção de políticas de bem-estar coletivo, inclusive social-democratas e socialistas. Por aí é possível até convencer ou balançar alguns, mas os círculos letrados em geral ainda não se desfazem das atitudes iniciais. Mesmo quando se acrescenta a idéia das afinidades populares com a monarquia – via não só a memória histórica, mas também a presença de uma 'cultura bíblica', garantidoras, então, de maior nível de solidariedade com as instituições. Ou a do reconhecimento pleno (justamente, aí, com os presidencialistas) da centralidade no nosso

imaginário da figura do Chefe de Estado, bem como da possibilidade maior de rearticulação imaginária com o passado, dada a natureza não necessariamente linear e irreversível da noção de tempo das nossas camadas populares.

Evidentemente, não se esgotam aí essas linhas de argumentação. É possível prosseguir-las quase indefinidamente com bons argumentos de parte a parte. Porém a suposição – a partir das reações observadas na minha 'participação observante' – é que não estamos diante de um tema que possa ser abordado só friamente.

Não se trata, no caso, de contestar a diferença elite-povo, mas de pensar alguma dinâmica que dificulte sua reificação, já que a própria construção de categorias e oposições não é socialmente sem conseqüências.

O que estará 'em jogo' então?

José Murilo de Carvalho levantou, em *A formação das almas; o imaginário da República no Brasil* (1990), um argumento histórico para abordar essa questão. Segundo ele, a República foi entre nós extremamente ineficaz na criação de um imaginário que pudesse substituir junto às camadas populares o rico imaginário associado à monarquia. Mas que, junto às elites, a ideologia do progresso (hoje, da 'modernidade') a que conseguiu se associar, garantiu sua conversão, marcando uma acentuada polarização elite-povo.

Parto desta constatação, cuja potencialidade já tenho procurado explorar (por exemplo, em 'Impedindo ou criticando o processo de modernização; o caso do Brasil', revista *Síntese*, nº 57, 1992). Porém, gostaria aqui de dar mais uma volta no parafuso, apoiado numa certa desconfiança 'pós-moderna' nos dualismos. Não se trata, no caso, de contestar a diferença elite-povo, mas de pensar alguma dinâmica que dificulte sua reificação, já que a própria construção de categorias e oposições não é socialmente sem conseqüências. Ou melhor, uma dinâmica que

permita *imaginar* algum liame, alguma analogia que não esteja *dada*.

A idéia de que essa possibilidade não esteja dada, mas que possa (ou talvez deva) ser imaginada vai na linha da apropriação que o historiador Dominique LaCapra busca fazer da noção de carnavalização de Mikhail Bakhtin em *Rethinking Intellectual History* (1983) e em *Soundings in Critical Theory* (1989). LaCapra acentua a carnavalização como atitude diante do mundo e que, na modernidade, se destaca como um componente da escrita literária, que gera uma gozadora interação ambivalente entre opostos a qual retira os pólos de seu binarismo, obrigando-os a se tocarem e se conhecerem. E que, ao contrário de afastar de toda seriedade, entrega os objetos à possibilidade de serem experimentalmente investigados, estética, científica e/ou politicamente. Esta última possibilidade sendo um adendo de LaCapra, que faz questão de acentuar que, para Bakhtin, a carnavalização constitui dimensão crucial da própria vida social, a interação entre o carnaval como instituição social e a carnavalização como força crítica, representando um componente vital de uma sociedade viável, prejudicado na modernidade, que por isso mesmo concentra a carnavalização nos artefatos da alta cultura. A carnavalização, portanto, não representa um *afastamento do real*, na perspectiva que aqui compartilho, tudo, afinal, sendo ficção. Representa uma leitura menos oficial e igualmente significativa.

Pois bem. Respondendo agora à pergunta que havia formulado, a partir das reações observadas à questão da monarquia, diria que o que 'está em jogo' são as resistências oficiais à carnavalização, menos pronunciadas no povo. Prosseguindo nesta apreciação, registro aqui duas típicas reações 'bem humoradas' por parte dos intelectuais, que me chamaram a atenção pela extrema recorrência: 1) "Só se for para ser barão" (e outras assemelhadas, como "Vou requerer o título do meu bisavô"); 2) "Então, vamos voltar de vez com a escravidão".

Curiosamente, duas temáticas do nosso carnaval. Mas no momento o que quero assinalar é a dimensão de *desejo* que a recorrência revela, podendo então essas

declarações serem tratadas como *lapsos*.

Em recente artigo de jornal, sugeri a existência entre nós de uma ideologia da modernidade que "...embora tomando os países centrais como modelo, acabou tornando-se 'mais realista do que o rei'. Assim, é como se o encontro com o destino devesse se fazer por uma espécie de *fuga para a frente*, queimando as pontes e acionando um mecanismo de negação, talvez dada a grande tentação de retorno".

Duas sugestões estão embutidas aí, que, por hipótese, talvez demonstrem a produtividade da utilização de dramas político-práticos, como o do plebiscito, para captar elementos centrais da nossa vida nacional: a) a presença de uma espécie de discurso *exacerbado* e compensatório da modernidade, produto, talvez, de 'idéias fora do lugar', que vive como real empírico aquilo que possivelmente não passe de um mito, mas que pode, até, graças às virtudes simplificadoras da caricatura, lançar luz sobre a própria modernidade; b) mais ainda, porém, essa visão oculta/revela outra questão (a da *tentação do retorno*). Esses lapsos, então, sugeririam que a exacerbação da visão moderna (diferente, pelo menos em grau, do que ocorre na Europa) ocultaria um desejo associado à hierarquia (primeira reação) ou à transgressão da lei universal-abstrata (segunda reação).

Assim, a rejeição (por vezes violenta) à monarquia se constituiria, irônica e paradoxalmente, num mecanismo de negação-repressão não elaborado do oposto de um projeto de modernidade. Nesse caso, a referência povo-elite ganharia um mediador a relativizá-la, uma referência comum verbalizada de maneiras diferentes.

D. MacCannell, discutindo o fenômeno do turismo em *The Tourist: a New Theory of the Leisure Class* (1989), diz que "a melhor indicação da vitória final da modernidade sobre outros arranjos socioculturais não é o desaparecimento do mundo não-moderno, mas sua preservação artificial e reconstrução na sociedade moderna". Hoje, à luz dos debates sobre a pós-modernidade, o significado da palavra 'artificial' deveria ser revisto, na medida em que se presencia uma institucionalização da atitude nostálgica

que é constitutiva (e contrapartida) do próprio processo de globalização contemporâneo, como que uma atualização da face romântica da modernidade, como observa Roland Robertson, em *Globalization: Social Theory and Global Culture* (1992).

Baudrillard, aliás, sugeria que o apego acendrado aos objetos modernos é, por assim dizer, mais tipicamente pré-moderno (...)

Nada disso, por sua vez, é estranho ao que Jean Baudrillard já colocava, em relação aos objetos antigos, nos seus primeiros escritos, como *O Sistema dos Objetos* (1973). Baudrillard, aliás, sugeria que o apego acendrado aos objetos modernos é, por assim dizer, mais tipicamente pré-moderno, lembrando a propósito, numa antecipação de discussões atuais sobre cultura, exemplos tirados de 'povos primitivos'. E recuperava a anacronia como dimensão positiva que "testemunhando um relativo fracasso do sistema (...) encontra assim mesmo refúgio nele, ao qual paradoxalmente permite funcionar".

Seria então possível, como parte da nossa carnavalização, imaginar uma categorização tripartite? Neste caso, a partir do interesse de uma elite (agora num sentido mais estrito) pelos 'objetos antigos', teríamos como que um encontro (na verdade clássico) entre essa classe e os setores populares que vivem mais presente o passado. Neste sentido carnavalizador teríamos em contraposição uma camada intermediária (que incluiria os intelectuais), classificável como pré-moderna. Nada disso, evidentemente, para ser reificado, mas justamente para mostrar a possibilidade de descongelar as classificações estabelecidas. E, jocosamente, brincarmos com a idéia de uma espremida intelectualidade que, emprestando expressão de Luiz Eduardo Soares em outro contexto, constitua uma "barbárie ilustrada e tecnocrática", relacionando-se com os objetos modernos de um modo que guarda

analogia com os povos primitivos de Baudrillard.

Na mesma direção coloca-se a representação do Estado. Aqui, talvez, a questão seja influenciada por uma idéia de institucionalização que não preserva a sutileza do processo tal como vem sendo analisado por alguns autores que o têm tratado em termos de globalização. Mas que chega a contaminar os mais sofisticados autores pós-modernos, que não percebem, por exemplo, que os processos de 'desterritorialização' representam apenas uma face de um processo mais geral de permanente 'reterritorialização' e reierarquização.

No caso, tende-se a constatar e vivenciar catastroficamente um colapso da estrutura estatal que, entre nós, estaria até ameaçando a unidade do país, como reflexo de desenvolvimentos ao nível da economia. Efetivamente, a instituição estatal encontra-se hoje contestada, tanto 'por cima' quanto 'por baixo', numa era cada vez menos caracterizável por via da ficção das mônadas culturais e cada vez mais por processos de globalização. Mas seria o caso de também aqui verificar até que ponto uma perspectiva 'ativista' no próprio processo de elaboração do conhecimento não poderia enriquecer o debate.

Poder-se-ia começar pela própria lembrança, que se deveria supor desnecessária – mas que na prática a ausência de ativismo talvez adormeça – do caráter *histórico* do Estado. É evidente que não é (ainda?) do desaparecimento do Estado que se trata. Mas seria o caso de pensar até que ponto, para além da questão do Estado, não estamos diante de uma crise da existência e da dominância da política e da economia como domínios que se querem autônomos e como linguagens que se querem exclusivas. Crise que permita, até, o reconhecimento transfigurado de hierarquias, uma vez sublimada a relação desnecessária entre autoridade e poder. O ativismo, aqui, viria por conta da colocação em cima da mesa de uma carta que expressasse isso e obrigasse todos os parceiros a se (re)posicionarem. É o que imagino que se possa fazer por intermédio da questão da monarquia, contingencialmente imantada desse papel, trazendo

consigo ou ela mesma sendo o 'encontro' entre o que antes aparecia como separado, sob a égide (hierárquica) do sagrado.

Digo contingencialmente porque em outros momentos a monarquia pode ter representado o oposto, na trajetória da secularização por via das 'idolatrias'. Mas agora, em pleno domínio do secular, trata-se de enrolar o novelo ao contrário, o que altera as valências.

Talvez por ocupar essa posição é que a adesão à monarquia (necessariamente associada de alguma maneira à linguagem do sagrado) pareça provocar verdadeiro curto-circuito no espírito moderno exacerbado. E, aqui, talvez valha mais um testemunho performático. É que alguns anos antes do meu interesse pela monarquia, provocado pelo plebiscito, passei por um processo de conversão religiosa que me levou a assumir uma identidade cristã. É interessante contrastar a reação a esse processo com o da 'militância monarquista'. Seria de se imaginar que no nosso ambiente secularizado a reação maior fosse à conversão religiosa, já que a questão da monarquia, mal ou bem, tem a ver com a política, tão central como referência de linguagem entre nós. Mas não. Diante da conversão, creio que as reações oscilaram entre o espanto (por vezes acompanhado de ironia) e a curiosidade simpática.

Por quê? A meu ver porque, além das reações mais grosseiras (reais), existe um lugar para a religião na modernidade, que uma vez respeitado garante a convivência. Restando saber qual o 'preço' a pagar. John Milbank, em *Theology and Social Theory* (1990), já chamou a atenção para como o processo de secularização se deu, preferencialmente, no próprio campo teológico. O preço, então, teria sido o 'policiamento do sublime', que, ao contrário das leituras que nos vêm de Weber, Dumont etc., não estaria de maneira nenhuma inscrito desde sempre no 'cerne' do Cristianismo.

Assim, curiosa e contingencialmente, a questão da monarquia – aparentemente menor – acaba tendo um efeito muito mais explosivo, já que poucos de nós têm ousado praticar o Cristianismo no desrespeito às barreiras modernas.

Evidentemente, a questão do Estado

no sentido mais estrito também não deixa de estar colocada. Creio que, realizado um exercício de 'antinominalismo', podemos imaginar a possibilidade de multiplicação de estruturas (estatais ou não) em muitos níveis, sua própria multiplicidade e a de suas linguagens relativizando-as.

Afinal, tanto esforço tem sido investido na nossa modernidade, que incluiria, justamente, salvaguardas contra os totalitarismos por via das separações...

Mas que, na medida em que se consiga efetivamente recolocar a questão da hierarquia de uma forma não contaminada pelas conotações atribuídas pela secularização, isso possa não significar uma fragmentação *ad infinitum*, mas uma harmonia que se faça através das diferenças permanentemente repostas. Nesse sentido, a fórmula monárquica constitucional do 'Reina mas não governa', em geral considerada moderna, pode na verdade apontar para uma presença mais ampla, historicamente (as monarquias anteriores ao Absolutismo) e contemporaneamente. Inclusive reconciliando (contra a 'modernidade') pessoa e instituição.

Enfim, tudo isso é 'bom para pensar', mas para além da 'produção de conhecimento' eventualmente daí advinda será desejável reintroduzir a questão do holismo na política? Afinal, tanto esforço tem sido investido na nossa modernidade, que incluiria, justamente, salvaguardas contra os totalitarismos por via das separações... Talvez só possamos sugerir que uma resposta mais original não nos distanciaria necessariamente do mundo, podendo expressar no contexto da globalização a nossa contribuição ao jogo e ao seu desdobramento, quiçá na direção de uma contra-modernidade. Jogo que, então, seria reconhecido em toda a sua dimensão 'cósmica', por assim dizer.

Existe uma transformação de um conhecido ditado popular que diz: "Em terra

de cego, quem tem um olho a gente fura". A meu ver, aqui estamos diante de um gracejo efetivamente transformador. Trata-se da revelação de uma suspeita obsessividade, portanto o oposto do mecanismo de negação-repressão a que me referi como dizendo respeito à presença, não elaborada, da questão da hierarquia. E talvez, então, pudéssemos lançar mão de uma imagem que nos vem da psicanálise – a da sublimação. O filósofo lacaniano Alain Juranville fala, em *Lacan e a filosofia* (1987), da sublimação como o processo pelo qual, sem se ceder o desejo, muda-se o seu objeto, bem como transforma-se a postura de demanda em oferta – o que parece bem próximo das narrativas do que seja uma vivência cristã da caridade e do amor. No fundo, tenho usado a monarquia como uma entrada para pensar-viver esta possibilidade, que para mim se materializou quando na Holanda me falaram das enormes somas arrecadadas para presentear a rainha no seu aniversário. Não faz muito tempo, isso não passaria para mim de um espantoso sintoma de alienação. Hoje me pergunto se não é, pelo contrário, a *performance* da esperança de relações desinteressadas e de *doação* (a rainha, aliás, doou as somas arrecadadas a uma instituição de caridade). *Performance*, aliás, de que nosso povo tem se mostrado pródigo praticante nas relações com os seus 'ídolos', até na política, o que talvez fosse desejável não reprimir (duvido que se consiga evitar seu retorno), mas deslocar.

Não serão essas performances necessárias para cultivar essa esperança? Não será aí que se poderá testar na prática a visão meramente ornamental da simbologia, tolhedora, até, da possibilidade de sublimar e apegada a uma noção em desuso de 'fundamentos' anteriores à linguagem? Da posição em que me coloco, diria que é preciso experimentar. Mas para isso é necessário abandonar o terreno da disputa e da competição e por isso mesmo tal atitude será mais fácil para quem vê o outro como 'realmente' diferente, só podendo, por isso, ser objeto de um desejo não-possessivo.

E quem sabe, um dia, possamos então nos tratar a todos, uns aos outros, como reis e rainhas. Como no carnaval.

A radiação dos vídeos

Os terminais de vídeo de microcomputadores emitem radiação nociva à saúde?

Wagner Augusto de C. Accioly, Campinas (SP)

Emico Okuno, do Instituto de Física da USP, responde.

Monitores de vídeo e receptores de TV produzem raios X que são ondas eletromagnéticas como a luz, as microondas ou mesmo as ondas de TV (ver 'Ondas eletromagnéticas'). A diferença é que os raios X, qualquer que seja sua energia, sempre têm energia suficiente para arrancar elétrons de átomos (fenômeno denominado ionização). Por essa razão, os raios X são classificados como radiação ionizante.

Os raios X são produzidos pela interação dos elétrons com os átomos da tela na parte interna do tubo. Quanto maior a diferença de potencial (ddp) entre o catodo e o anodo que acelera os elétrons, maior será a energia dos elétrons e, conseqüentemente, a energia dos raios X. Quanto mais energética for essa radiação, maior será seu poder de penetração.

Dependendo da quantidade e da forma de exposição aos raios X (se de uma só vez ou, aos poucos, ocupacionalmente), os danos causados ao sistema biológico podem ser desde fortes queimaduras (em curto prazo) até câncer (em longo prazo).

Os efeitos em curto prazo se manifestam após um ou alguns dias – ou mesmo dentro de algumas semanas –, depois de uma exposição a grandes quantidades de radiação em um curto espaço de tempo. Quanto maior a quantidade de radiação, menor é o tempo entre a exposição e o aparecimento do efeito que, em curto prazo, pode surgir como fortes queimaduras, semelhantes àquelas causadas pela radiação ultravioleta solar que todo mundo já experimentou.

Os efeitos em longo prazo se manifestam após anos (de um até 40 anos), por causa de uma exposição rotineira a pequenas quantidades de radiação. Os efeitos cancerígenos são probabilísticos, isto é, só se manifestam em alguns casos.

Os raios X produzidos no interior dos

Como é um vídeo

Um terminal de vídeo, assim como um aparelho de TV, é composto basicamente de um tubo de raios catódicos com vácuo em seu interior. Na parte traseira do tubo, está o catodo, que é a fonte de elétrons.

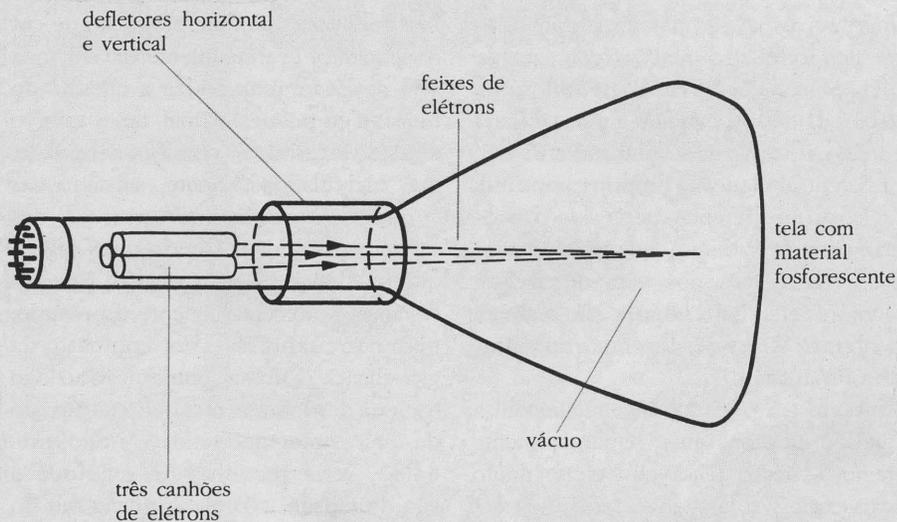
Em terminais de vídeo monocromáticos (uma só cor), os elétrons são acelerados para a tela por uma diferença de potencial (ddp), entre os eletrodos, da ordem de 12 mil a 18 mil volts. Nos vídeos coloridos, a ddp chega a 27 mil volts.

Os raios X usados para fins diagnósticos são também produzidos em tubos de raios catódicos (similares aos de um terminal de vídeo), sendo que, nesse caso, os elétrons são acelerados por uma ddp que varia de 60 mil volts a 100 mil volts.

Para formar uma imagem visível, os elétrons energéticos varrem a tela de forma coordenada, isto é, horizontal e verticalmente. O sistema que controla o movimento horizontal do feixe de elétrons opera a uma frequência de 15 mil a 31 mil hertz e o movimento vertical a 60 Hz.

Nos terminais de vídeo, o feixe de elétrons é controlado por sinais digitais originados nos computadores. Nos televisores, o feixe é controlado pela informação contida em sinais de radiofrequência transmitidos por emissoras de TV.

A tela é revestida internamente por um material fosforescente que se torna luminescente quando é golpeado por um feixe eletrônico. Em TVs em cores, há três tipos diferentes desse material e os pontos ficam luminescentes nas três cores primárias: vermelho, azul e verde. Pode-se ver esses pontos ao se chegar bem perto da tela. Em alguns aparelhos, esses pontos são círculos e em outros retângulos.



Esquema geral de um tubo de raios catódicos.

monitores de vídeo monocromáticos (de uma só cor) são de energia muito baixa. As próprias paredes de vidro dos tubos são responsáveis por barrar (blindar) quase que totalmente a radiação, evitando que ela atinja o usuário, por exemplo.

Em monitores coloridos, a quantidade de raios X que consegue atravessar o tubo é também muito pequena. Por exemplo, uma pessoa que trabalhar oito horas por

dia durante um ano em frente a um monitor de vídeo sofrerá um acréscimo de exposição à radiação ionizante de aproximadamente 10%, comparada àquela a que estamos submetidos no nosso dia-a-dia. Vale lembrar que também existem átomos que emitem radiação em materiais de construção, alimentos, leite etc. Em alguns locais, a quantidade dessa radiação existente na natureza chega a ser três ou

quatro vezes maior do que o valor considerado médio, como é o caso de Guarapari (Espírito Santo), por causa das areias monazíticas.

Monitores de vídeo produzem também radiação não ionizante. São campos elétricos e magnéticos, com frequência de 60 Hz e na faixa de 15 mil a 31 mil Hz. Esses campos são produzidos por bobinas que controlam, respectivamente, a varredura vertical e a horizontal na tela. As intensidades desses campos variam conforme o equipamento e entre unidades de um mesmo modelo.

Alguns terminais de vídeo chegam a emitir radiação eletromagnética com frequências de até 125 mil Hz. Entretanto, essa radiação está longe de ser suficientemente energética para ionizar átomos. Os valores desses campos estão dentro dos limites máximos estabelecidos por todos os países do mundo, com exceção da Tcheco-Eslováquia.

Muitos estudos realizados no mundo todo demonstraram que não há efeito nocivo algum resultante de exposição à radiação emitida pelos monitores de vídeo. Entretanto, alguns poucos epidemiologistas relatam ter encontrado maiores índices de aborto espontâneo em mulheres que trabalham mais do que 20 horas por semana na frente de terminais de vídeo, como consequência de exposição à radiação não ionizante. Também encontraram maiores índices de malformação em crianças nascidas de mulheres expostas nas mesmas condições acima referidas.

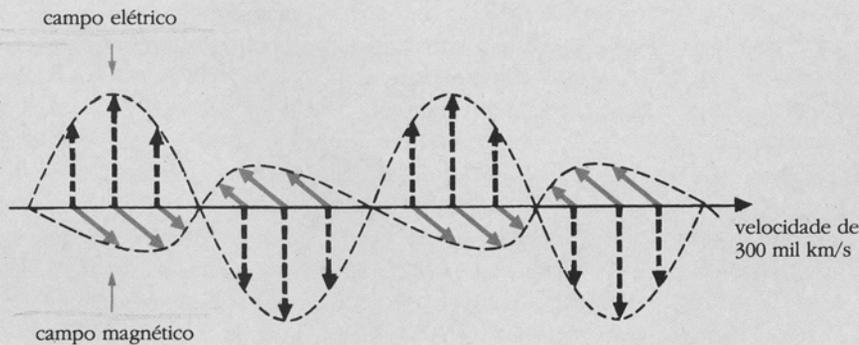
Até agora, não há resultados conclusivos. Muitos estudos continuam sendo feitos nessa área, uma vez que a cada dia aumenta o número de pessoas que trabalham em frente a terminais de vídeo.

Ondas eletromagnéticas

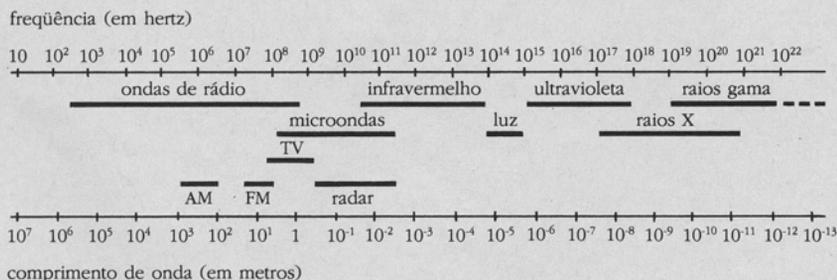
Ondas eletromagnéticas são campos elétricos e magnéticos oscilantes (mudam periodicamente de intensidade e sentido), perpendiculares entre si, que se propagam no vácuo com a velocidade da luz (300 mil quilômetros por segundo).

O número de vezes que ambos os campos mudam de orientação por unidade de tempo (ciclos por unidade de tempo) é chamado frequência. Se a unidade de tempo usada for o segundo, a unidade de frequência será o hertz, cuja abreviação é Hz.

Ondas de rádio, TV, microondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama são todas ondas eletromagnéticas. As ondas são classificadas segundo as diferentes faixas de frequência. Quanto maior a frequência, maior a energia da radiação.



Ondas eletromagnéticas são campos elétricos e magnéticos, perpendiculares entre si, que se propagam no vácuo com a velocidade da luz (300 mil km/s).



Espectro eletromagnético

Para saber mais: Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios (São Paulo, Editora Harbra, 1988), de E. Okuno.

Carena Trajano

Talvez a primeira pesquisa tecnológica brasileira de repercussão internacional

A 'Carena Trajano', inventada em 1868 pelo engenheiro naval catarinense Trajano Augusto de Carvalho foi, provavelmente, a primeira pesquisa tecnológica brasileira a ter repercussão no exterior. O invento, um novo formato para a parte imersa do casco dos navios (carena), diminuía consideravelmente a resistência ao avanço do navio, com um conseqüente aumento da velocidade e redução do consumo de combustível. Melhorava também a estabilidade e governo do navio, aumentando a capacidade de carga e diminuindo os custos de sua construção.

Trajano Augusto de Carvalho nasceu na cidade de Desterro, atual Florianópolis, em 1830. Aos 18 anos, foi admitido como

carpinteiro-naval no Arsenal de Marinha da Corte.

Como a engenharia naval não era ensinada no Brasil, em 1853, Trajano requereu ao Governo uma licença para estudar no exterior. Apesar das recomendações elogiosas que lhe foram feitas, só em 1855 ele conseguiu ir para Londres, onde estudou e trabalhou por três anos nos estaleiros de Richard W. Hervy Green.

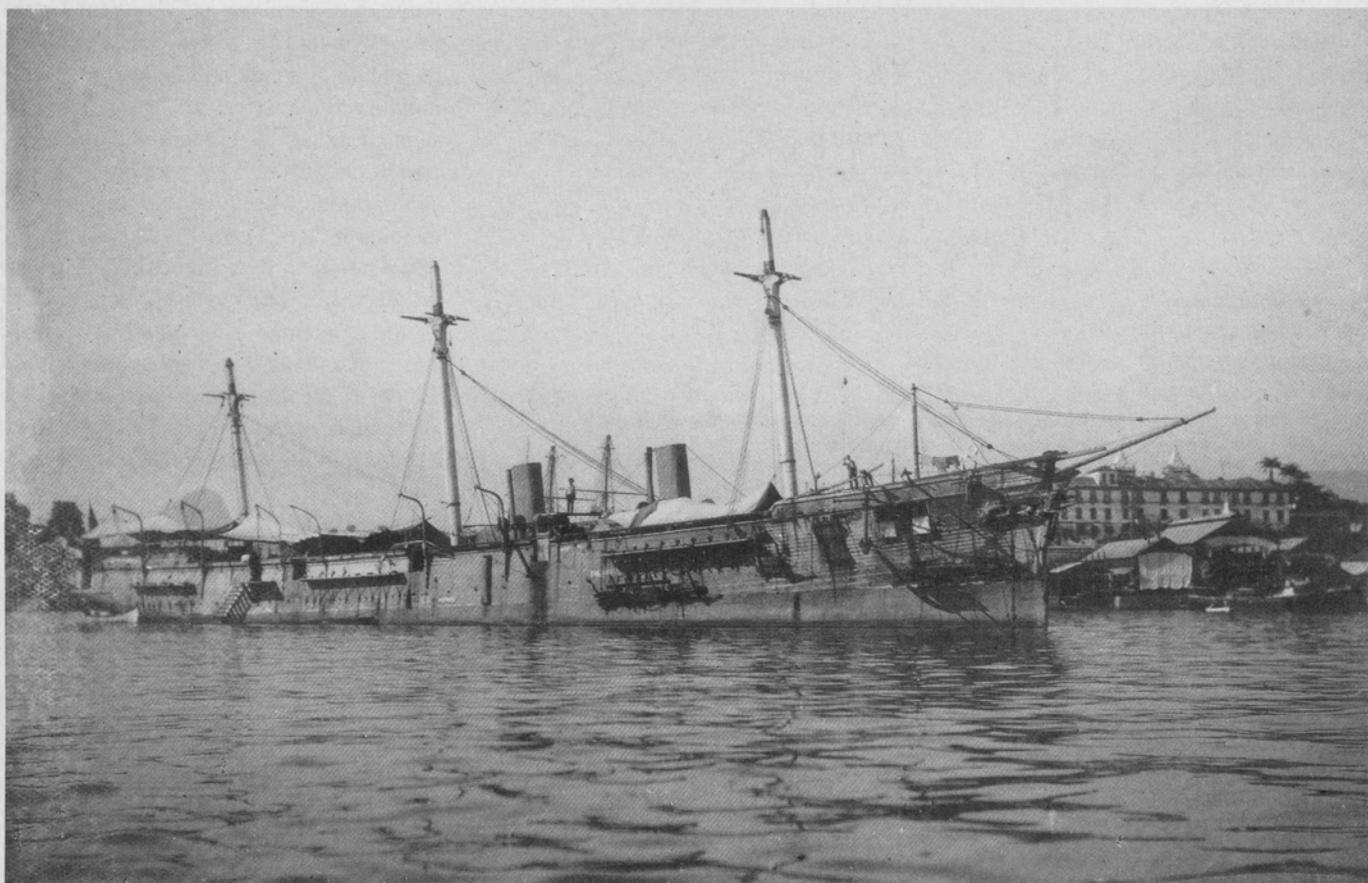
Regressando ao Brasil em fevereiro de 1859, foi nomeado primeiro construtor (nome dado, na época, aos engenheiros navais) do Arsenal da Corte. Trabalhou como construtor até junho de 1874, quando se desligou dos serviços da Marinha.

Durante esse período, voltou à Europa para fiscalizar e receber navios em

construção para a Marinha, na Inglaterra e na França.

A partir de 1868, o engenheiro Trajano passou a desenvolver estudos e pesquisas para as carenas dos navios, buscando maior velocidade e outras vantagens. Em fins de 1869, solicitou nova licença de viagem para patentear seu invento na Europa. Conseguindo a licença, viajou em abril de 1870 e, em setembro do mesmo ano, regressou com as patentes de privilégio.

Durante a ausência de Trajano, o engenheiro Napoleão Level, que acompanhara o invento de seu colega, recebeu autorização do Governo para construir uma lancha a vapor com o novo formato de carena. As experiências de mar,



Corveta Trajano

realizadas em março de 1871, demonstraram as vantagens do novo sistema, usado também em uma corveta que foi lançada ao mar em julho de 1873.

Essa corveta, de 1.414 toneladas de deslocamento, tinha 64,33 m de comprimento, 9,15 m de boca (largura máxima), oito caldeiras e uma máquina a vapor de fabricação inglesa, para 2.400 CV, impulsionando um hélice. O navio estava armado com três canhões Withworth e, por sugestão do próprio imperador D. Pedro II, recebeu o nome de *Trajano*, em homenagem a seu inventor.

A partir de fevereiro de 1874, a *Trajano* empreendeu uma longa viagem de provas até Montevidéu. Nessa viagem, o navio foi testado navegando a vapor e a vela, nas mais diversas e desfavoráveis condições de mar e de vento.

Na navegação a vapor, conseguiu-se uma velocidade de 12,5 milhas por hora, com mar calmo, e 11,5 milhas com vento forte e mar agitado pela proa. Os resultados foram considerados excepcionais para as dimensões do navio, apesar das sempre graves deficiências apresentadas pela máquina, que não correspondeu às expectativas do projeto.

Navegando somente com quatro caldeiras, o navio desenvolveu de cinco a seis milhas horárias, “não obstante a violência do vento e do mar e os balanços do navio, que não permitiam conservar o hélice sempre completamente mergulhado”, segundo o minucioso relatório da viagem.

Na navegação a vela, os resultados foram igualmente satisfatórios e a embarcação alcançou a velocidade de 12 milhas por hora e balanços máximos de 25 graus, em várias manobras realizadas nas mais diversas condições de vento.

Segundo o relatório de viagem, “(...) a corveta *Trajano*, não obstante suas pequenas dimensões, é dotada de uma velocidade superior, velocidade que, com os navios construídos segundo as linhas até agora em uso, só era possível atingir com alta potência de máquinas”.

Comparando a força de suas máquinas com as de outros navios de grande marcha das principais marinhas do mundo, o relatório afirmava que “(...) suas qualidades de marcha são inquestionavelmente as de um bom veleiro, apesar do hélice

preso, e estas qualidades ainda poderão ser consideravelmente melhoradas (...)”.

O parecer da comissão concluía que “as vantagens teóricas prometidas pelo novo sistema de construção do arquiteto naval Trajano Augusto de Carvalho, bem como sua superioridade sobre todos os sistemas conhecidos, obtiveram a mais plena confirmação na prática (...)” e fazia votos de que o novo sistema fosse implantado em definitivo.

A carena Trajano modificava principalmente o corpo de proa dos navios. Em vez de abertas em V, como era usual, as balizas (seções transversais) eram em U, com os costados praticamente verticais, de forma que as linhas d'água (seções horizontais) tinham o formato de cunha, com um ângulo agudo na proa.

Cada metade do corpo de proa era formada por duas superfícies, uma aproximadamente plana, contendo as pernas verticais dos UU, e outra curva na parte inferior da carena, que começava aproximadamente horizontal, junto à proa, e ia se inclinando à medida que caminhava para a popa do navio. A concordância entre essas duas superfícies era a curva do bojo da carena, que seguia uma linha inclinada ascendente, nascendo na parte inferior da proa (figura 1).

As linhas d'água em cunha diminuía a resistência ao avanço do navio. As seções transversais em U evitavam o aparecimento de forças laterais que tendiam a suspender a proa. O volume útil do navio aumentava, os custos eram menores, e os costados quase planos simplificavam a construção.

Além da corveta *Trajano*, foram construídos alguns outros navios no Arsenal de Marinha da Corte com esse sistema. Os navios mercantes *Rio de Janeiro* e *Rio Grande*, projetados por Trajano e construídos na Europa, usavam a nova carena. Hoje, modernos petroleiros e graneleiros seguem, coincidentemente, um formato bem semelhante ao proposto há mais de um século pelo engenheiro brasileiro.

Quando o engenheiro Trajano esteve na Europa para patentear o seu invento, ofereceu-o ao Almirantado britânico que, depois de aceitá-lo, mandou efetuar experiências em modelos reduzidos no tanque de provas de Torquay. Os testes confirmaram a superioridade da carena

sobre os formatos correntemente adotados, e verificou-se que a carena Trajano representava uma economia de potência da ordem de 30%.

Em função desses resultados o engenheiro-chefe do Almirantado britânico, Nathan Barnaby, escreveu ao engenheiro brasileiro relatando as experiências e dizendo: “em vista desses resultados, serei obrigado a alterar nossos planos”. Foram, então, construídas para a Marinha Britânica duas séries de canhoieiras (classes *Dee* e *Medina*) com a carena Trajano.

Em agosto de 1870, o engenheiro Barnaby escreveu um artigo na revista inglesa *Engineering*, no qual expressava sua admiração pelo fato de existir uma nova forma de carena, até então, nunca descrita em alguma publicação técnica. Nesse artigo, o inglês contava que o invento tinha decorrido da necessidade de se construírem lanchas rápidas durante a Guerra do Paraguai. Um modelo reduzido da corveta *Trajano* foi exibido na Exposição Universal de Viena em 1873.

A carena Trajano deve ter sido, muito provavelmente, a primeira pesquisa tecnológica brasileira a repercutir no exterior. Foi também um dos primeiros trabalhos de pesquisa tecnológica aplicada, em qualquer ramo da engenharia, realizado em nosso país.

É de se admirar, e também de se lastimar, que, apesar de todas as vantagens amplamente comprovadas e da repercussão alcançada, esse importante invento não tenha sido mais aplicado, vindo a cair no esquecimento. Não só a carena, como seu autor.

Pedro C. da Silva Telles

*Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto Militar de Engenharia.*

Luz e Arquitetura

Equilíbrio entre sombra e iluminação valoriza os espaços de vida

Para a atual geração de arquitetos, formada dentro do princípio de Le Corbusier de que “a arquitetura nada mais é do que o jogo correto de volumês sobre a luz”, as soluções obtidas pela alternância de luz e sombra tornaram-se a essência plástica da construção e, quando bem sucedidas, serviram de argumento para o abandono dos ornatos tão em uso até antes do movimento modernista, na década de 20. Embora a luz tenha tanto relevo nessa concepção estética, a bibliografia especializada praticamente só a menciona em relação ao conforto visual. Pouquíssimos foram os estudos dedicados à iluminação como recurso expressivo da construção: seu emprego, aprendizado e apreciação crítica são em geral situados em terreno análogo ao do senso estético, na dependência do talento e do gosto de cada arquiteto, por definição “indiscutíveis”.

Luz, tempo e hierarquia espacial

Se a arquitetura se compõe, como queria o suíço Siegfried Giedion, de espaço e tempo, a manifestação deste se faz no interior dos prédios, através da luz natural. De acordo com sua incidência e intensidade, percebe-se a fase do dia, bem como as estações do ano. Em projetos nos quais seja desejável o isolamento e a criação de uma atmosfera própria – como nos museus, por exemplo –, é recomendável a parcimônia nas aberturas para o exterior. Não é à toa que uma das regras elementares de projetos para *shopping centers* seja utilizar unicamente luz artificial, evitando-se o contato com o exterior, de modo que o consumidor em potencial perca a referência temporal e alongue sua permanência nas lojas.

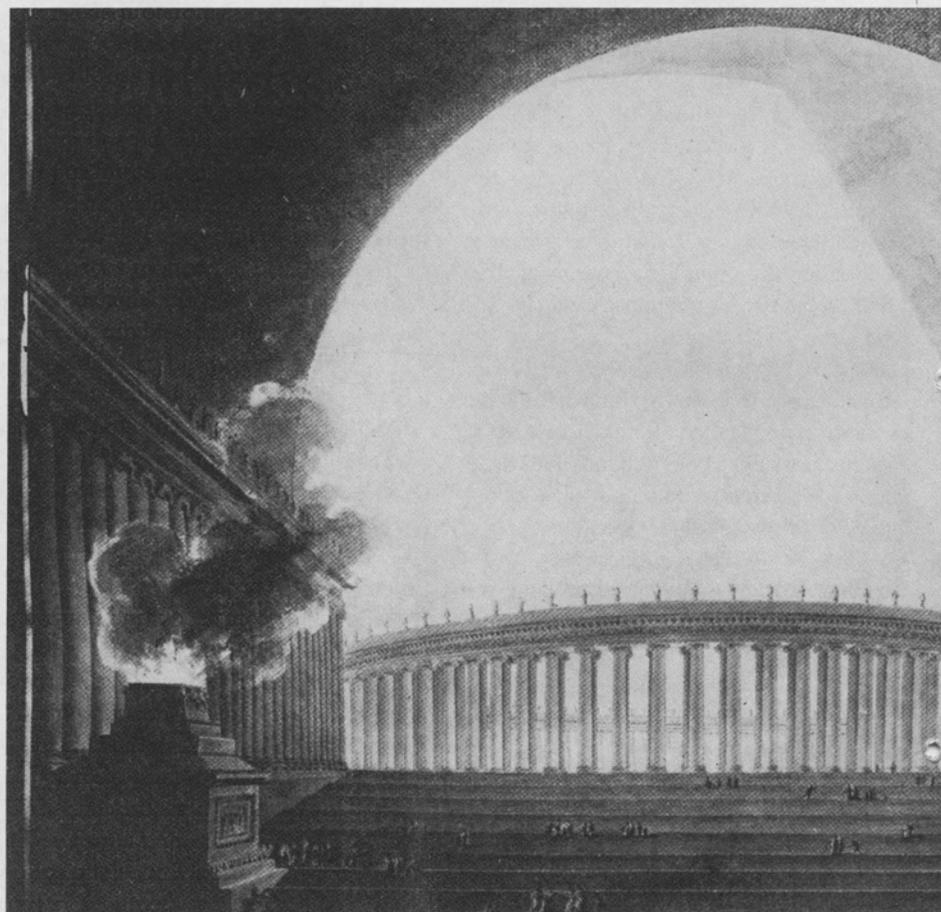
A luz é forte aliada dos arquitetos sobretudo como elemento expressivo e ordenador das composições. A iluminação destacada de uma determinada área marca sua priorização em relação às demais: o jogo de luzes naturais e artificiais

hierarquiza a importância dos vários elementos arquitetônicos, podendo transformar a percepção que se tem de determinada construção. A pirâmide do Louvre, do chinês Ieoh Pei, é um bom exemplo de como a iluminação pode alterar a ‘leitura’ de um conjunto: durante o dia, a estrutura de aço, vazada em vidro, desempenha papel mais discreto do que os prédios do antigo palácio; à noite, a relação se inverte: iluminado, o volume da pirâmide se torna opaco e ‘sólido’, e passa a ser o centro do conjunto.

Um pouco de história

A preocupação com recursos e efeitos de luz e sombra vem, é claro, de muito antes

do movimento modernista. No século I a.C., Vitrúvio, em seus *Dez livros sobre arquitetura*, aborda o aspecto da iluminação ao falar sobre a orientação adequada para os diversos cômodos de um edifício e suas proporções ideais, de acordo com a insolação recebida durante as estações do ano. Em termos urbanísticos, preocupa-se Vitruvius com a sombra que um imóvel pudesse lançar sobre outro. Para aferir o grau de iluminação, ele propõe um ‘teste’, que consiste em estender uma linha, unindo o ponto passível de projetar sombra à área que se quer iluminar: caso o céu possa ser divisado acima da linha, diz, há condições para uma boa luminosidade. O Pantheon romano é um



Nos desenhos para um museu (acima) e para um memorial a Newton, Étienne Boullée (1728-

ótimo exemplo do uso da luz como elemento expressivo: através da abertura central de sua cúpula, um fecho de luz percorre os vários altares do templo circular, de modo a que cada divindade receba a luminosidade mais intensa na época do ano que lhe é consagrada.

A luz também será um elemento fundamental para a arquitetura gótica, sobretudo na sua expressão máxima, as catedrais; associada à verticalidade e filtrada pelos vitrais, ela inunda as naves em clara metáfora da emanção divina. Panofski nos mostra, em sua *Arquitetura gótica e pensamento escolástico*, a indissociável ligação entre o pensamento da época e as catedrais. Nessa conjunção, a luz, filtrada entre gárgulas e ornatos holísticos, não é um acessório: é uma estrutura fundamental da expressão gótica.

A obscuridade e a sombra representam para o barroco papel análogo ao que a luz assume no gótico. Nas igrejas barrocas de Minas Gerais, por exemplo, uma gramática de contrastes é composta pela rusticidade

do exterior e o fausto interno, pelo branco resplandecente das fachadas e o espaço articulado em sombras e volutas das naves, que transmitem a sensação de penumbra e recolhimento. A parca luz apenas sublinha, aqui e ali, um detalhe ou um elemento.

Para uma geração de arquitetos visionários franceses, egressos da École de Beaux-Arts e contemporâneos da Revolução Francesa, a luz desempenha a metáfora do iluminismo e dos projetos universalizantes que este inspiraria. Étienne Boullée, membro mais ilustre dessa geração, deixou, entre outros, os desenhos do Memorial a Isaac Newton, espaço coberto por enorme abóbada – simulacro do cosmos –, pelo qual transitaria um fecho de luz emitido através de uma pequena fresta, revelando os detalhes da composição.

No panóptico de Bentham – torre planejada por volta de 1840 para proporcionar visão total do espaço circundante em manicômios e presídios –, a iluminação era essencial. A cabine de observação

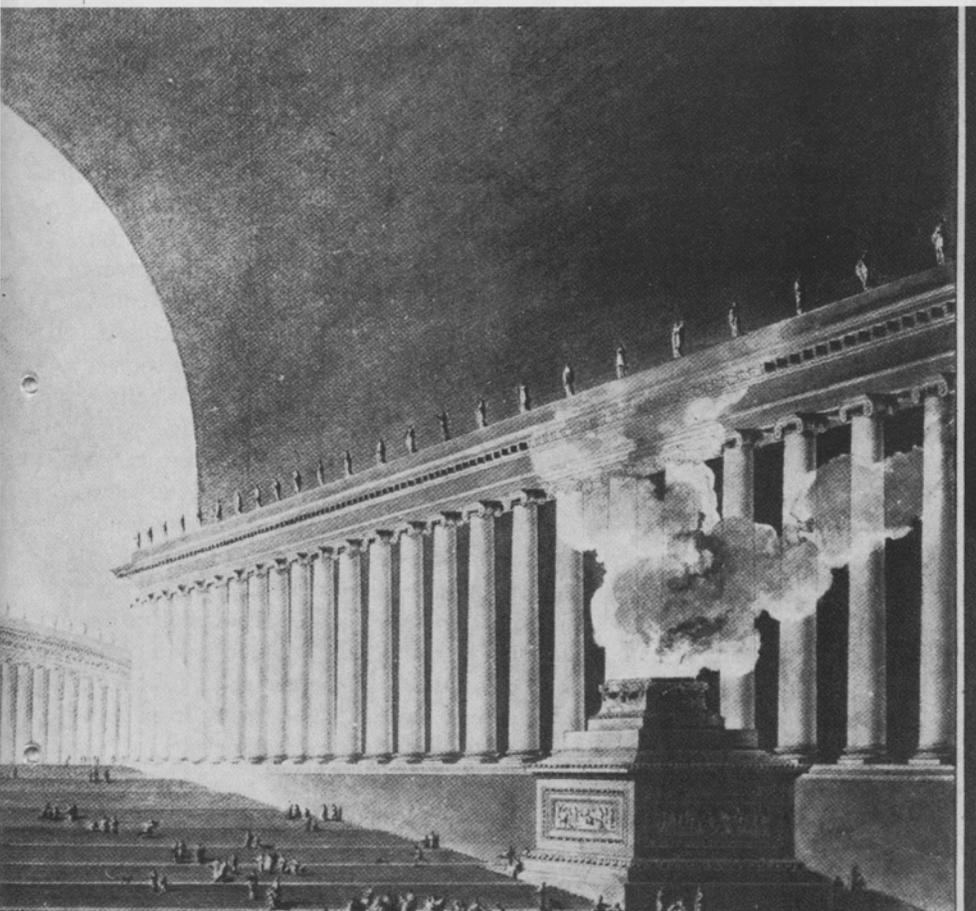
ficava na penumbra, de modo a não permitir que se soubesse se o vigia estava lá. As celas eram dispostas de tal forma que o guarda podia controlar, pela sombra, internos ou prisioneiros. Sem saber se estavam sendo observados, estes passavam a se policiar. Em *Vigiar e Punir*, Michel Foucault assinala que tal dispositivo expressa concretamente a microfísica dos poderes que se infiltram nos ínfimos pormenores da vida das pessoas e o associa à gênese da alma moderna.

Luz e matéria

Em algumas obras de Le Corbusier, a luz deixa de ser apenas fonte de iluminação para se tornar matéria ‘concreta’. Na capela subterrânea de La Tourette, o autor de *Por uma arquitetura* previu três grandes dutos, pintados internamente com as cores primárias, que colhiam a luz da superfície e inundavam o espaço com ‘volumes’ em vermelho, azul e amarelo. Entrevistado sobre outra obra religiosa de sua última fase – a capela de Ronchamps –, Le Corbusier responde ao repórter, surpreso com o resultado obtido por um ateu, dizendo que não precisava ser católico: bastava-lhe possuir o sentido do sagrado. O mestre poderia ter acrescentado que, neste caso, setenta por cento do efeito místico foi alcançado pelo uso dramático de pouquíssimos claros, muita penumbra e ‘blocos’ de luz colorida, fornecida por pequenos vitrais monocromáticos.

É de Oscar Niemeyer, outro genial ateu, um dos melhores exemplos do uso da luz como fator expressivo em projetos com fim religioso. Antes de penetrar na catedral de Brasília, o visitante mergulha num túnel escuro, que ao mesmo tempo atende à expectativa de um espaço sombrio, como o das igrejas tradicionais, e serve de espaço de transição para a nave, claríssima. Nesta, uma féérica luz de alegria e comunhão surpreende e subverte a metáfora do recolhimento.

No Rio de Janeiro, o edifício do antigo Ministério da Educação e Cultura, atual Palácio Gustavo Capanema, foi um projeto da equipe Lúcio Costa, Affonso Reidy, Niemeyer, Carlos Leão, Jorge Moreira, e Ernani Vasconcellos, tendo Le Corbusier como consultor. Os arquitetos lançam mão, na entrada principal, de uma enorme parede de tijolos de vidro que, além de



1799) destaca a abóbada, pela qual a luz transita como símbolo do cosmos.

iluminar o espaço, propicia sugestivo efeito plástico e reduz o indefectível – e na época obrigatório – busto de Getúlio Vargas a um perfil ‘surreal’ contra o painel de luz. Desta forma, lograram evitar o pesado oficialismo, sem deixar, entretanto, de atender ao que era rigorosamente prescrito para prédios ministeriais no Estado Novo.

Luz, cultura e informação

A iluminação artificial, questão que aparentemente se restringe ao campo da estética e da técnica, não está imune a malentendidos de natureza cultural. No início dos anos 60, Affonso Eduardo Reidy projetou para o Aterro do Flamengo, no Rio de Janeiro, um coreto em concreto armado para apresentação de pequenos grupos musicais. O resultado plástico foi bastante feliz: um pilar central que sustenta uma pirâmide invertida. Após a prematura morte do arquiteto, a prefeitura decidiu iluminar o coreto, contratando renomado técnico americano. Este parte da idéia de que o mais bonito nos coretos é o uniforme das bandas de música. Por isso, abre pontos de luz nas faces da pirâmide invertida, dirigindo os focos para baixo. Resultado: como entre nós as bandas não usam trajes reluzentes, o único elemento permanentemente iluminado é o pilar. Sua expressiva cobertura, danificada pelas perfurações dos pontos de luz, é percebida de dia mas permanece oculta à noite.

Com freqüência a iluminação tem sido usada na revitalização de prédios e cidades antigas, dando relevo a elementos que sem ela permaneceriam ocultos. É o caso do Museu d’Orsay, do Louvre e da maioria dos edifícios parisienses que mereceram realce nas comemorações do bicentenário da Revolução Francesa, em 1989. O hotel Copacabana Palace, no Rio de Janeiro, seguiu essa diretriz na sua nova iluminação, colocada em parte sobre a fachada, que recebeu nova pintura, cor de pêssego. O jogo de luz revelou arabescos insuspeitados sob a ‘roupagem’ branca anterior.

Cor e luz caminham juntas nos projetos de dois arquitetos contemporâneos, norte-americano Richard Meyer e o holandês Ram Koolhaas. Meyer reinterpreta os signos básicos dos tempos heróicos do moder-

nismo, explorando a intensa luminosidade de brancos texturados. Koolhaas, autor de *Delirious New York*, livro dos mais instigantes e criativos sobre arquitetura e urbanismo, mostra que uma arquitetura ‘de citações’, combinando elementos consagrados de outros arquitetos, pode ser bela e bem-humorada; em projeto para um teatro em Rotterdam, Holanda, lança mão das formas e cores básicas do *De Stijl* (movimento moderno de artistas plásticos, *designers* e arquitetos holandeses simultâneo ao *Baubaus*), fazendo fechos de luz se materializarem em planos resplandecentes.

No Instituto do Mundo Árabe, em Paris, projetado nos anos 80 por Jean Nouvel, a luminosidade e a transparência dão a tônica, associadas à levíssima estrutura metálica. A entrada da luz natural é regulada cuidadosamente por engenhoso *brise-soleil*, inspirado no diafragma das câmeras fotográficas: quando a luz é muito intensa, sensores fazem com que os diafragmas se fechem, ocorrendo o oposto à noite ou quando o tempo está cinzento. O desenho desse *brise-soleil*, composto pelo rendilhado de inúmeros diafragmas, alude ainda ao das treliças árabes, permitindo uma dupla leitura, que mescla tradição e alta tecnologia.

Em seu livro *Learning from Las Vegas*, o arquiteto americano Robert Venturi exalta a estética centralizada na comunicação visual, característica das cidades contemporâneas dos Estados Unidos. Venturi louva a vivacidade e a alta “capacidade de comunicar” desta nova estética, a seu ver ausentes na maioria dos trabalhos arquitetônicos modernistas, “que parecem pertencer a um mundo constituído apenas de nanquim e papel vegetal”. Este comentário é uma pista para entendermos a motivação que o levou a lançar mão de um gigantesco painel luminoso como fachada para um estádio de beisebol, no fim dos anos 70. Nele, a luz funciona como “informação pura”, enquanto a fachada assume uma dimensão virtual: só existe a partir do que é projetado nela.

Lauro Cavalcanti
Diretor do Paço Imperial

Ciência Hoje
das crianças

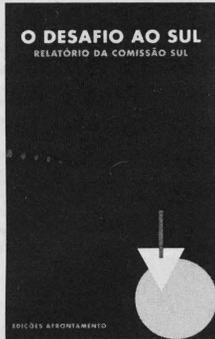
A única revista de divulgação científica para crianças

Números atrasados e assinaturas:

TEL: 295-6198

FAX: (021) 541-5342

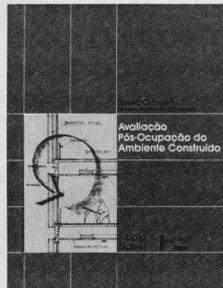




O desafio do sul

“As aspirações do sul não serão satisfeitas sem uma luta difícil e longa. Se os países em vias de desenvolvimento quiserem garantir mudanças no sistema mundial que correspondam às suas necessidades e o tornem mais justo e equitativo, têm de procurar agir a partir de uma posição de força. Isto só será alcançado através de uma estratégia concertada que abarque o desenvolvimento nacional, a cooperação sul-sul e a interação com o norte, incluindo a negociação de regimes multilaterais e da sua gestão.” Esse trecho, à p. 278, talvez seja a síntese do livro *O Desafio ao Sul – Relatório da Comissão Sul*, elaborado por equipe de intelectuais de reconhecida competência e das mais variadas convicções políticas e filosóficas, entre os quais, do Brasil, o economista Celso Furtado e o arcebispo de São Paulo, Dom Paulo Evaristo Arns. A Comissão Sul, presidida por Julius Nyerere, ex-presidente da Tanzânia, surgiu em 1987. O trabalho apareceu em 1990 e a tradução portuguesa (de Portugal – Edições Afrontamento, do Porto), em 1991. Ele, portanto, é anterior à dissolução do leste europeu e ao fim da URSS. Mas, como que pressentindo tais fatos, vê a grande divisão do mundo no confronto entre o norte cada vez mais rico e o sul, o pobre cada vez mais pobre. Para criar

um novo sistema mundial, em que tal divisão comece a diminuir, será preciso, exatamente nesta ordem, o fortalecimento econômico interno de cada país do sul, intensa cooperação sul-sul e a interação com o norte em novas bases multilaterais. O sul deve “falar com uma única voz” e “expressar uma visão do mundo como uma família humana”. Idealismo? Pode ser. O livro, no entanto, termina sustentando que, “embora as equações do poder continuem a dominar o mundo, as fontes do idealismo e do companheirismo humano não estão secas”.



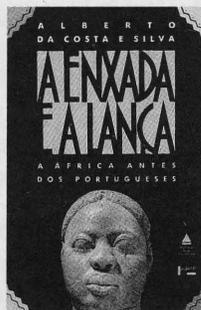
Avaliação pós-ocupação do ambiente construído

A avaliação pós-ocupação (APO) é uma das metodologias correntes de avaliação do desempenho de ambientes construídos, sejam edifícios, espaços públicos abertos ou fechados, a infra-estrutura urbana, a cidade etc. É também um novo campo de conhecimento para a arquitetura, o urbanismo e a engenharia no Brasil. Sheila Ornstein, a autora de *Avaliação Pós-Ocupação do ambiente construído* (Editora Studio Nobel/EDUSP), é arquiteta, assim como Marcelo Roméro, que com ela colaborou. Ressalta, entretanto, que, ao criar procedimentos que propiciam a melhoria da qualidade de vida e ao gerar conhecimento sistematizado sobre o

ambiente e as relações ambiente-comportamento, a APO também interessa aos psicólogos ambientais e outros profissionais.

A enxada e a lança

‘A África antes dos portugueses’ é o subtítulo deste livro do diplomata Alberto da Costa e Silva que, em mais de 600 páginas, fala de uma África ‘exótica’, cuja história não gravitou em torno do mundo mediterrâneo, e cujos povos deixaram poucos documentos escritos sobre seus imensos territórios. Apoiado em material arqueológico, antropológico e histórico, *A enxada e a lança* descreve povos e etnias, técnicas agrícolas e de navegação, expressões religiosas e artísticas, antigos reinos, cidades desaparecidas, costumes e crenças. O autor viveu durante anos na África. Em 1960 presenciou a independência da Nigéria, para onde retornou quase 20 anos depois, como embaixador do Brasil. Seu trabalho de aproximação entre o Brasil e a África foi reconhecido com a concessão do título de doutor *honoris causa* pela Universidade Obafemi Awolowo, de Ifé, na Nigéria. A propósito



do livro, ele diz: “Oraniã, Xangô, Tsoede, Cibinda Ilunga aparecem como personagens porque pertencem ineludivelmente à realidade dos iorubás. dos nupês, e dos lundas e quiocos. Eles estão aqui como

Enéias e sua viagem de Tróia ao Lácio, e como Réia Silvia, a loba, Rômulo e Remo, nos compêndios sobre História romana, cujos autores os sabem mitos, mas não ignoram que fecundaram um povo” (Nova Fronteira).



Um artifício orgânico

Um jornalista – Ricardo Azambuja Arnt – e um antropólogo – Stephan Schwartzman – são os autores de *Um artifício orgânico: transição na Amazônia e ambientalismo*, resultado de uma pesquisa que durou quatro anos, publicado pela Editora Rocco (364 p.). Arnt foi um dos primeiros jornalistas brasileiros a se ocupar do meio ambiente, e Schwartzman, norte-americano, foi um dos principais responsáveis pela notoriedade internacional de Chico Mendes.

O livro, prefaciado por Eduardo Viveiros de Castro, do Museu Nacional/UFRJ, é dividido em duas partes. A primeira explora a afinidade do discurso ambientalista com a tradição cultural brasileira e o imaginário da identidade nacional, invocando depoimentos de Euclides da Cunha, Lévi-Strauss, Afonso Arinos, entre outros. A segunda expõe o panorama da atuação de 56 agências ambientais, governamentais e não-governamentais, na Amazônia, numa análise das forças que, com a retomada da democracia, foram responsáveis pela emergência do ambientalismo no País.

Corrosão microbiana

Brasil já pesquisa ação corrosiva de microrganismos sobre metais

A primeira hipótese da origem microbiana da corrosão foi formulada por Garrett (1881). Ele percebeu que algumas atividades dos microorganismos, como a produção de amônia, poderiam fazer surgir um ambiente corrosivo. Desde a divulgação dos seus trabalhos, o conhecimento da ação corrosiva dos microorganismos - como algas, bactérias e fungos - sobre os metais progrediu muito lentamente.

O interesse pelo assunto cresceu recentemente com a descoberta de depósitos petrolíferos na Grã-Bretanha e em países da América Latina. Nos últimos anos realizaram-se vários simpósios e conferências nos quais a corrosão microbiana foi examinada sob vários aspectos, como mostra a figura 1. Hoje existem no Brasil diversos grupos de pesquisadores que estudam a corrosão microbiana e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul ministra um curso de mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, que abrange o assunto.

Como os microorganismos induzem a corrosão?

Os microorganismos existem e proliferam em qualquer ambiente úmido. Tal proliferação pode causar a formação de lodos e depósitos sobre as superfícies das estruturas metálicas. Estes biofilmes (figura 2) tem um papel importante no início do processo de corrosão.

Os biofilmes não homogêneos produ-

zem áreas catódicas e anódicas na superfície do metal por causa da restrição da difusão do oxigênio e dos nutrientes (figura 3). Seguindo este efeito, ions metálicos partem do anodo para fora, enquanto elétrons passam do anodo para o catodo. Desta maneira, algum micro ou macroorganismo que seja capaz de aderir a uma superfície metálica pode induzir corrosão.

Alguns microorganismos, contudo, apresentam armas adicionais contra metais. O fungo *Hormoconis resinae* (anteriormente denominado *Cladosporium resinae*) utiliza os hidrocarbonetos do combustível diesel como fonte nutritiva, produzindo ácidos orgânicos corrosivos. As bactérias sulfo-oxidantes excretam grandes volumes de ácido sulfúrico e podem baixar o pH até 1,0. Algumas bactérias têm a capacidade de oxidar diretamente o ferro, enquanto outras produzem polissacarídeos que podem quelar os ions metálicos e aumentam a adesão de outros microorganismos. Diversos tipos de microorganismos facilitam indiretamente a corrosão, ao utilizar-se dos inibidores de corrosão que são adicionados ao sistema.

A maioria dos microorganismos já observados são aeróbicos (precisam de oxigênio para crescer), embora alguns consigam crescer com ou sem oxigênio. Um grupo bem conhecido de microorganismos corrosivos é o das bactérias sulfato-redutoras (BSR), anaeróbicas estritas, que são inibidas por vestígios de oxigênio. A

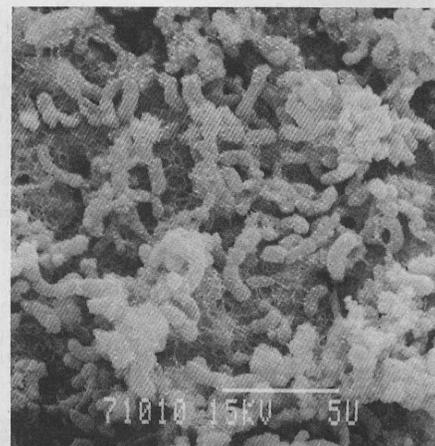


Figura 2. Células bacterianas dentro da matriz de polissacarídeo de um biofilme em cima de metal (visualizadas pela microscopia eletrônica de varredura).

figura 4 mostra uma célula da BSR, *Desulfovibrio vulgaris*, com o flagelo, seu órgão de mobilidade. Estas bactérias apresentam-se como a causa mais importante da corrosão dentro dos ambientes não oxigenados.

O mecanismo da dissolução do metal ainda é controverso, a despeito dos trabalhos sobre o assunto, iniciados nos anos 30 na Inglaterra. Foram sugeridos, entre outros, os seguintes mecanismos:

- despolarização pela enzima bacteriana hidrogenase;
- produção de sulfetos de ferro (corrosivos) pela reação do metal ferroso com H_2S liberado pelas bactérias;
- corrosão induzida pelo hidrogênio;
- produção do enxofre (corrosivo) durante períodos aeróbicos.

Na verdade, o efeito corrosivo das BSR tem uma origem multifatorial.

Onde encontramos microrganismos induzindo corrosão?

Os microorganismos encontram-se em qualquer ambiente úmido e qualquer microorganismo pode induzir a corrosão pela formação de células elétricas diferenciais. Existem, contudo, ambientes mais

TÍTULO	ENTIDADE ORGANIZADORA	DATA
Corrosão biológica induzida	NACE, EUA	1985
<i>Workshop</i> (Biodeterioração)	NSF-CONICET, Argentina	1985
Corrosão e proteção	AAC-ABRACO, Brasil	1988
Biocorrosão	Biodeterioration Society, Inglaterra	1988
1 st Latin American Biodeterioration Symposium	Biodeterioration Society e SBM, Brasil	1992
Corrosão e proteção	AAC-NACE, EUA e Argentina	1992

FONTE: CEDIDO PELA AUTORA

Figura 1: Simpósios e conferências realizados nos últimos anos, nos quais foram examinados vários aspectos da corrosão microbiana.

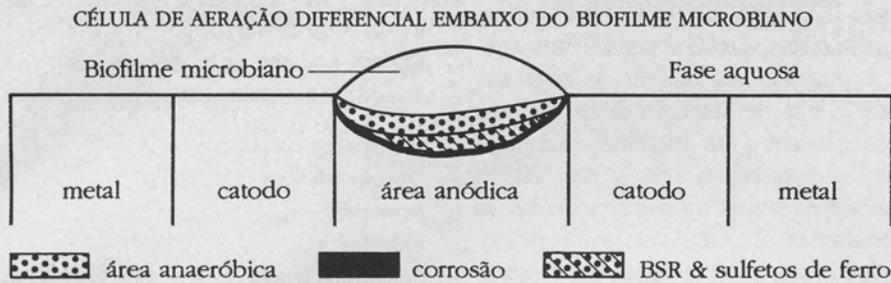


Figura 3. Biofilme localizado na superfície de metal, induzindo áreas catódicas e anódicas.

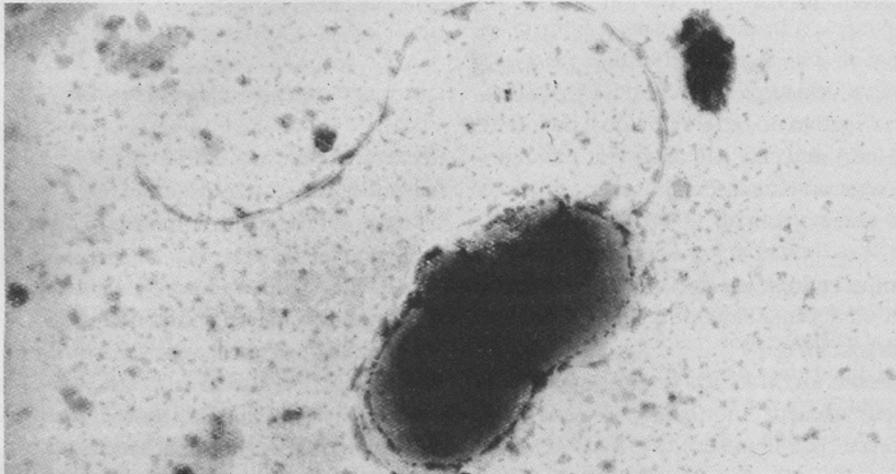


Figura 4. Uma célula da bactéria sulfato-redutora *Desulfovibrio vulgaris*, visualizada pela microscopia eletrônica de transmissão.

ORGANISMO	EXIGÊNCIAS PARA O CRESCIMENTO	ÁREAS INDUSTRIAIS COM PROBLEMAS
Algas verdes, bactérias azul-verdes	Luz, oxigênio	Torres de resfriamento, trocadores de calor, estruturas metálicas em lagoas e rios
A maioria dos fungos e bactérias aeróbicas	Carbono orgânico, oxigênio	Como acima, além de estruturas metálicas em solos oxigenados
A espécie bacteriana <i>Pseudomonas</i>	Carbono orgânico, oxigênio. Pode usar fontes de carbono incomum	Como acima, incluindo metais em contato com fluidos de corte
Bactérias enxofre oxidantes (e.g., <i>Thiobacillus</i>)	Oxigênio, enxofre ou compostos hidrogenizados de enxofre	Indústrias de tratamento de resíduos (Também corroem concreto)
Bactérias oxidantes de ferro (e.g., <i>Gallionella</i>)	Oxigênio, ions de ferro	Estruturas metálicas em águas oxigenadas Poços de injeção (indústria petroquímica)
O fungo <i>Hormoconis resinae</i>	Carbono orgânico, oxigênio (Pode utilizar os hidrocarbonetos)	Tanques e tubulações trazendo combustíveis marinhos ou de aviões
Bactérias sulfato-redutoras	Ausência de oxigênio, carbono orgânico, ions de sulfato	Tubulações enterradas, embaixo dos biofilmes, dentro das tubulações, metais em contato com fluidos de corte
Outras bactérias anaeróbicas (e.g., <i>Clostridium</i>)	Ausência de oxigênio, carbono orgânico	Como acima

Figura 5. Microorganismos envolvidos na corrosão microbiana

propícios à corrosão microbiana. Alguns são citados na figura 5.

Nos ambientes aeróbicos, os perigos da corrosão são bem conhecidos e sempre há alguma forma de proteção. Ainda que freqüentemente esquecidas, existem possibilidades de corrosão dentro do lodo anaeróbico ou no interior de tubulações. Na indústria petroquímica, são incomensuráveis os danos e as perdas pela corrosão microbiana nas plataformas. A empresa norte-americana NACE (*National Association of Corrosion Engineers*) indica as seguintes áreas onde as BSR ocorrem:

- pontas estagnadas nas tubulações;
- embaixo dos depósitos nas tubulações com fluxo de baixa velocidade e nos tanques de estocagem de óleo cru ou de água;
- embaixo de lodo ou borra, no fundo dos *pits*;
- nos filtros, especialmente os filtros da areia ou cascalho;
- na interface água-óleo dentro dos tanques e aparelhos do tratamento;
- no material de revestimento, do lado externo de tubulações enterradas.

Aparentemente, as BSR podem ser encontradas em lugares onde há difusão restrita de oxigênio. Os biofilmes (*fouling*) providenciam um ambiente ótimo para elas, pois inibem a difusão do oxigênio e os microorganismos utilizam o oxigênio dentro da matriz do biofilme. Um biofilme com 8-12 um de espessura tem capacidade para produzir condições anaeróbicas na superfície do metal. Considerando a importância das BSR no fenômeno da corrosão, torna-se indispensável o reconhecimento do potencial de geração de anaerobiose nos ambientes em torno dos metais.

Como detectar a corrosão microbiana?

A avaliação dos microorganismos ambientais é essencial para os testes de agressividade. As amostras, coletadas de maneira correta, são remetidas a um laboratório especializado, onde serão realizadas as contagens de microorganismos em geral, bem como de organismos mais específicos, como as BSR e as bactérias oxidantes de ferro.

Existem alguns métodos rápidos e simples, como *dip slides* (lâminas com um ágar nutritivo na duas faces) para microorganismos em geral e *kits* para BSR (teste para BSR do Biosan nos Estados Unidos,

SBPC AGORA TEM JORNAL ELETRÔNICO

* * * * *
SBPCHoje
* * * * *

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

É FÁCIL SE INSCREVER:

Basta digitar,
a partir do sistema VMIBM,
"TELL LISTSERV AT BRLNCC
SUBSCRIBE SBPCHOJE +
nome do interessado"

ou
"MAIL LISTSERV AT BRLNCC
SUBSCRIBE SBPCHOJE +
nome do interessado"
(na primeira linha do texto)

agora disponível no Brasil). No entanto, testes assim têm baixa sensibilidade.

Outro problema encontrado nestes testes é a falta de detecção de organismos sésseis (dentro do biofilme). Acontece que as populações sésseis têm efeitos maiores na superfície metálica do que as populações planctônicas. Foram desenvolvidos, por esta razão, métodos e equipamentos para avaliação dos microorganismos nos biofilmes. Ainda não há um método padronizado, mas é bem reconhecida a importância da aplicação de um método de teste do biofilme. Um resultado negativo no teste tradicional para BSR, usando amostras de água por exemplo, não garante a ausência dessas bactérias do sistema.

Como reduzir ou evitar o problema?

Há várias maneiras de evitar a corrosão microbiana:

- desenho correto das estruturas metálicas (sem espaços mortos, com pontos de acesso para limpeza);
- uso de materiais resistentes à corrosão;
- uso de camadas protetoras;

A NACE sugere vários métodos para o controle das BSR nas plataformas:

- limpeza do sistema;
- fluxo reverso dos poços de injeção;
- instalação dos filtros com programa de fluxo reverso para limpeza;
- reconstrução do sistema de injeção para eliminar os espaços mortos;
- afastamento da água doce da salgada;
- tratamento com um biocida (figura 6).

Muitos biocidas têm um poder de penetração bem baixo. A limpeza prévia do sistema, sempre indicada para permitir a atividade máxima de qualquer biocida, aumenta a sua eficiência.

Há basicamente duas maneiras de aplicação: tratamento contínuo (mais frequentemente, com concentrações baixas) e tratamento de choque, com concentrações altas, aplicadas a intervalos pré-determinados. A segunda opção é preferida por ser menos dispendiosa e proporcionar menos possibilidades de crescimento das formas de microorganismos resistentes ao biocida.

Através de um processo de seleção, geralmente, se forma uma subpopulação de organismos que sobrevive ao biocida. No tratamento seguinte, o biocida não atua e a população não diminui. Será

COMPOSTOS INORGÂNICOS

Agentes oxidantes (e.g., cloro, iodo)
Sais de metais pesados (e.g., sulfato de cobre)

COMPOSTOS ORGÂNICOS

Organometálicos (e.g., TBTO)
Acroleínas
Aldeídos
Compostos fenólicos
Compostos de amônio quaternário
Imidazolinias
Bisticianatos

Figura 6. Alguns exemplos de biocidas

necessário um novo biocida. Esse problema pode ser retardado pelo uso de dois biocidas diferentes, em conjunto ou em seqüência.

A avaliação da eficiência do tratamento deve ser feita pelo monitoramento da população dos microorganismos antes e depois. Não basta monitorar a população dos organismos planctônicos: os organismos sésseis devem ser enumerados. Recentes inovações, na forma dos *biofilm probes*, permitem o monitoramento dos organismos sésseis. Estes agentes são introduzidos nas tubulações e removidos em intervalos para medir a população de microorganismos aderidos, tornando mais rigorosa a avaliação do biocida.

Outras possibilidades para a proteção das estruturas contra a corrosão microbiana incluem:

- construção de pontos de acesso para a limpeza;
- eliminação de espaços mortos;
- uso de materiais resistentes à corrosão, como o aço inoxidável;
- uso de camadas resistentes como tintas, betúmen ou plásticos;
- aplicação da proteção catódica (muito usada contra corrosão química, mas nem sempre efetiva contra a forma biológica).

Uma vez que a corrosão microbiana é um grande problema e que se gastam milhões de dólares por ano para combatê-la, é muito justificado que aumente o interesse científico e industrial por esse assunto. Entretanto, ainda precisamos pesquisar muito mais o fenômeno e seu controle.

Christine Claire Gaylarde

Faculdade de Agronomia, UFRGS

Publicada mensalmente sob a responsabilidade da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

Secretaria: Av. Venceslau Brás, 71, fundos, casa 27, Rio de Janeiro, CEP 22290-140. Tel.: (021) 295-4846. Fax: (021) 541-5342.

Editores: Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq), Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Ennio Candotti (Instituto de Física/UFRRJ), Roberto Lent (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Ildeu de Castro Moreira (Instituto de Física/UFRRJ), Luiz Drude de Lacerda (Instituto de Química/UFF), Yonne Leite e Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRRJ), Marília Martins da Costa Cruz (secretária).

Conselho Editorial: Alzira de Abreu (Centro de Pesquisa e Documentação em História Contemporânea do Brasil/FGV), Ângelo Barbosa Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), Carlos Morel (Fundação Oswaldo Cruz/RJ), José C. Maia (Instituto de Química/USP), Otávio Velho (Museu Nacional/UFRRJ), Reinaldo Guimarães (Instituto de Medicina Social/UNERJ), Sônia de Campos Dietrich (Instituto de Botânica/USP).

Diretor: José Monserrat Filho.

Secretaria de Redação: Cilene Vieira (editora associada); Soraya Araújo (secretária); Maria Ignez Duque Estrada e Marília Mendes Pessoa (editoras de texto); Regina Ferreira (coord. de revisão); Cássio Leite Vieira (coord. de jornalismo); Luísa Massarani (repórter); Micheline Nussenzweig (setor internacional).

Edição de Arte: João de Souza Leite (direção de arte); Christiane Abbade (coordenação); Ana Cláudia Ribeiro e Claudia Fleury (programadoras visuais); Selma Azevedo e Carlos Henrique V. dos Santos (desenho e arte-final).

Administração: Adalgisa M.S. Bahri (gerente), Neuza Maria de Oliveira Soares, Neuza Luíza de S. Soares, Pedro Paulo de Souza, Ailton Borges da Silva, Marly Onorato, Luciene de Santos Azevedo, Ernesto P. Pereira, Allan Kardec Jr., Márcio de Souza.

Assinatura, Circulação e Expedição: Sandra M.L. Vaz de Oliveira (gerente), Maria Lúcia da G. Pereira, Francisco Rodrigues Neto, Guilherme Frederico da Silva, Moisés V. dos Santos, Orlando J. dos Santos Nunes, Jorge Noé Lopes Carmo, Márcia Cristina Gonçalves da Silva, Manoel Antonio G. Aguiar; tel.: (021) 295-6198.

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

Colaboraram neste número: Maria Elisa Sankuevitz (revisão); Luiz Fernando P. Dias (analista de sistema).

Conselho Científico: Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração/UFRRJ), Antônio Barros de Ulhoa Cintra (Hospital das Clínicas/USP), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Carolina Bori (Instituto de Psicologia/USP), Crodovaldo Pavan (Instituto de Biologia/Unicamp), Dalmo Dallari (Faculdade de Direito/USP), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicobiologia/EMP), Fernando Gallembeck (Instituto de Química/Unicamp), Francisco Weyffort (Faculdade de Filosofia/USP), Gilberto Velho (Museu Nacional/UFRRJ), Herbert Schubart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Herman Lent (Departamento de Biologia/Universidade Santa Úrsula), João Steiner (Instituto de Pesquisas Espaciais), José Antônio Freitas Pacheco (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), José Goldenberg (Instituto de Física/USP), José Reis (SBPC), José Ribeiro do Valle (Departamento de Farmacologia/EPM), José Seixas Lourenço (Instituto de Geociências/UFPA), Luis de Castro Martins (Laboratório Nacional de Computação Científica/CNPq), Miguel Covian (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP), H. Moysés Nussenzweig (Departamento de Física/PUC-RJ), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética/USFRJ), Oscar Sala (Instituto de Física/USP), Oswaldo Porchat Pereira (Dep. de Filosofia/USP), Otávio Elísio Alves de Brito (Instituto de Geociências/UFMG), Ricardo Ferreira (Departamento de Química Fundamental/UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), Telmo Silva Araújo (Departamento de Engenharia Elétrica/UFPPB), Warwick E. Kerr (Univ. Fed. de Uberlândia/MG).

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado, Roberto Barros de Carvalho, Marise de Souza Muniz - Depto. de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG, C. Postal 2486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, tel.: (031) 443-5346.

Sucursal Brasília: Margareth Marmorini - ICC, Ala Sul, Bloco A, sobrelouça 301, Campus Universitário, UnB, C. Postal 04323, CEP 70910-900, Brasília, DF, tel. e fax (061) 273-4780.

Sucursal Recife: Luiz Antonio Marcuschi, Angela Weber - Av. Luís Freire s/nº, CCN, Área 1, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE, tel.: (081) 271-2211, r. 2468/2469.

Sucursal São Paulo: José Carlos C. Maia, Gláucio C. Lobão - Av. Professor Luciano Gualberto, 374, 3º andar, sla 320,

Prédio da Antiga Reitoria, Cidade Universitária, USP, CEP 05340-901, São Paulo, SP, tel.: (011) 814-6656 ou 813-3222, r. 2713.

Correspondentes: **Porto Alegre:** Ludwig Backup - Dep. de Zoologia, UFRGS, Av. Paulo Gama, 40, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 228-1633, r. 3108. **Curitiba:** Glaci Zancan - Dep. de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Campus Universitário Jardim das Américas, CEP 81530-900, Curitiba, PR, tel.: (041) 266-3633 ramal 184. **Maceió:** Marize Primola Pedrosa - Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Alagoas, Praça Afrânio Jorge, s/n, CEP 57072-970, Maceió, AL, tel.: (082) 223-5613 ramal 082. **Campina Grande:** Mário de Souza Araújo Filho - Dep. de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, Rua Nilda de Queirós Neves, 130, CEP 58108-670, Campina Grande, PB, tel.: (083) 321-0005.

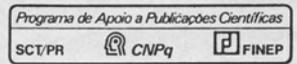
Correspondente em Buenos Aires: Revista *Ciencia Hoy*, Corrientes 2835, Cuerpo A, 5º A, 1193, Capital Federal, tel.: (00541) 961-1824, 962-1330.

Assinaturas para o exterior (11 números): US\$ 150 (via aérea).

A partir deste número, *Ciência Hoje* passa a ser diagramada eletronicamente. **Editoração eletrônica:** Ana Claudia Ribeiro (coordenação). **Fotolito:** Rainer Rio (*imagesetter*) e Beni Laser. **Impressão:** Bloch Editores S.A. **Distribuição em bancas:** Fernando Chinaglia Distribuidora S.A., Rio de Janeiro (exclusiva em todo o território nacional). **ISSN-0101-8515.**

Colaboração: Para a publicação desta edição, *Ciência Hoje* contou com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Publicidade: Rio de Janeiro: Álvaro Roberto S. Moraes, tel.: (021) 295-4846, fax (021) 541-5342. **São Paulo:** Bartolomeu Mastrocchirico, tel.: (011) 263-2521, fax (011) 62-0702. **Brasília:** Deusa Ribeiro, tel.: (061) 321-5009.



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem com caráter político e religioso, voltada para a produção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franca e aberta ao público em geral. Através de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência Hoje* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1990-).

Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

Sede nacional: Rua Costa Carvalho, 222 - CEP 05429-000, São Paulo, SP. C. Postal 11008 - CEP 05499-000, São Paulo, SP. Tels.: (011) 211-0933, 211-5008. Telex: (11) 81681 SBCH. Fax: (011) 212-1376.

Regionais: **AC** - Depto. de Economia/UFAC, C. Postal 128, CEP 69900-000, Rio Branco, AC, tel.: (068) 226-1422, r. 134, fax: (068) 226-3017 (Reginaldo Fernando de Castela); **AL** - Centro de Ciências Biológicas/UFAL, Praça Agramon Jorge, s/nº, Prado, CEP 57010-000, Maceió, AL, tel.: (082) 223-5613 (Winston Menezes Leahy); **AM** - Depto. de Ciências da Saúde/INPA, C. Postal 478, CEP 69011-000, Manaus, AM, tel.:

(092) 642-3377, r. 178/642, fax: (092) 642-3440 (Wanderli Pedro Taddéi); **BA** - Instituto de Física/UFBA, Rua Caetano Moura, 123, Federação, CEP 40210-350, Salvador, BA, tel.: (071) 247-2033/247-2343/247-2483 (Alberto Brum Novas); **CE** - Depto. de Ciências Sociais e Filosofia/UFCE, Av. da Universidade, 2762, Benfica, CEP 60020-180, Fortaleza, CE, tel.: (085) 243-2747, fax: (085) 243-2514 (Maria Sulamita de Almeida Vieira); **DF** - Depto. de Sociologia, Instituto de Ciências Humanas/UnB, Campus Universitário, CEP 70910-900, Brasília, DF, tel.: (061) 348-2788/348-2389 (Ana Maria Fernandes); **GO** - Departamento de Física/UFGO, C. Postal 131, CEP 74580-000, Goiânia, GO, tel.: (062) 205-1000, r. 168 (Fernando Pellegrini); **MA** - Depto. de Biologia/UFMA, Largo dos Amores, 21, CEP 65020-000, São Luís, MA, tel.: (098) 232-3360 (Murilo Sérgio Drummond); **MS** - Depto. de Biologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde/Fundação UFMS, Campus Universitário, CEP 79069-900, Campo Grande, MS, tel.: (067) 751-1746 (Antonio Carlos Marini); **PA** - Depto. de Geofísica, Centro de Geociências/UFPA, C. Postal 1611, CEP 66001-000, Belém, PA, tel.: (091) 229-5438 ou 229-1811, r. 26, fax (091) 229-9677 (Jacira Felipe Beltrão); **PB** - Dep. de Eng. Elétrica, Centro de Ciências e Tecnologia/UFPB, Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongo, CEP 58109-000, Campina Grande, PB, tel.: (083) 333-1000 (Mário de Souza Araújo Filho); **PE** - Depto. de Física/UFPE, Av. Prof. Luiz Freire, s/nº, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE, tel.: (081) 271-8450, fax: (081) 271-0359; **PI** - Depto. de Física do CCN/UFPI, Campus Universitário do Ininga, CEP 64000-000, Teresina, PI, tel.: (086) 222-1211, r. 283 (Paulo Rômulo de Oliveira Frota); **PR** - Depto. de Métodos e Técnicas da Educação/UFPR, Rua General Carneiro, 460, sala 504, CEP 80060-150, Curitiba, PR, tel.: (041) 264-2511, r. 278 (Araci Astinelli da Luz); **Londrina** (seccional) - Depto. de Biologia Geral/UE de Londrina, C. Postal 6001, CEP 86051-000, Londrina, PR, tel.: (0432) 21-2000, r. 417/527 (Ilce Maria de Syllós Colus); **Maringá** (seccional) - Depto. de Biologia Celular e Genética/UE de Maringá, Av. Colombo, 3690, CEP 87020-900, Maringá, PR, tel.: (0442) 26-2727, fax: (0442) 22-

2754 (Paulo Cezar de Freitas Mathias); **RJ** - Instituto de Medicina Social/UNERJ, Maracanã, CEP 20559-900, tels.: (021) 284-8249 ou 284-8322, r. 2303 (Reinaldo Felipe Nery Guimarães); **RN** - Depto. de Arquitetura/UFRRN, C. Postal 1699-000, CEP 59072, Natal, RN, tel.: (084) 231-0664, fax: (084) 231-1699 (Ari Antonio da Rocha); **RO** - Depto. de Ciências Biomédicas/UFRO, CEP 78998-000, Porto Velho, RO, tel.: (069) 221-5622, fax: (069) 224-3093 (Elizabeth Antonio L. de M. Martinez); **RS** - Depto. de Zoologia/UFRRS, Av. Paulo Gama, 40, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 228-1633, r. 3108 (Ludwig Backup); **Pelotas** (seccional) - Depto. de Matemática/UFPEL, Campus Universitário, CEP 96010-900, Pelotas, RS, tel.: (0532) 25-3455 (Lino de Jesus Soares); **Rio Grande** (seccional) - Depto. de Oceanografia/Fundação Universidade do Rio Grande, C. Postal 474, CEP 96200-000, Rio Grande, RS, tel.: (0532) 32-3300 (Norton Mattos Gianuca); **Santa Maria** (seccional) - Depto. de Física/UFSM, Campus Universitário, CEP 97119-900, Santa Maria, RS, tel.: (055) 226-1616, r. 213 (Cláudio de Oliveira Graça); **SC** - Coordenadoria Especial de Farmacologia, CCB/UFSC, Rua Dr. Ferreira Lima, 26, Centro, CEP 88015-420, Florianópolis, SC, tels.: (0482) 33-9491, fax (0482) 22-4164 (Therezinha Christina M. de Lima Nogueira); **SE** - CCET/UFSE, Campus Universitário, CEP 49000-000, Aracaju, SE, tel.: (079) 224-1331 (José Daltro Filho); **SP** (subárea I) - Depto. de História, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP, C. Postal 8105, CEP 05508-000, São Paulo, SP, tels.: (011) 210-2217/210-2314 (Zilda Márcia Gricoli Iokoi); **SP** (subárea II) - Depto. de Genética/ESALQ, C. Postal 83, CEP 13400-000, Piracicaba, SP, tels.: (0194) 33-0011, r. 4125, fax: (0194) 22-5925 (Maria Lúcia Carneiro Vieira); **SP** (subárea II, seccional Botucatu) - Depto. de Educação/Unesp, Campus Universitário, CEP 18610-000, Botucatu, SP, tel.: (0149) 22-0555, r. 2232 (Alfredo Pereira Junior); **SP** (subárea III) - DCCV, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp, Rodovia Carlos Tonani, s/nº, km 5, CEP 14870-000, Jaboticabal, SP, tel.: (0163) 22-4000 (Áureo Evangelista Santana).

Cientistas e Estado: a busca de um pacto

O suposto necessário para uma proposta de análise de uma nova relação entre a comunidade científica e o Estado é a constatação da evolução das duas sociedades, o que ensejaria a oportunidade de um novo pacto. Seria o entendimento de que, malgrado todas as vicissitudes, o Estado brasileiro, nos seus aspectos formais, atingiu um estágio de desenvolvimento histórico que o aproximaria do Estado Moderno, perdendo as características de aparato coercitivo da classe social historicamente dominante, para se converter em um ordenamento jurídico fundado na racionalidade e no direito.

Esta representação do Estado Moderno como Estado Social só se completa se da parte da sociedade civil houver também a desejada evolução, sendo a mesma civil porque civilizada,

quando, na visão de Hobbes, desaparecem os traços de 'barbáries' e surgem os de 'elegância'. As relações entre a sociedade civil, o Estado e a sociedade política, deixam de ser instrumentalizantes, fisiológicas e clientelistas. O comportamento litigante e conflitivo se esvanece. O contratualismo que está na gênese dos pactos bem sucedidos, eleva-se a termos de convivência civilizada e os interesses fundem-se, desaparecendo a polarização *ex-par-*

te principis ou *ex-parte populi*, como vê Norberto Bobbio, cientista político italiano.

A sugestão deste marco referencial para o desdobramento das idéias e considerações não se faz de forma acrítica. Não obstante, não há como desconhecer os progressos na relação Estado-cidadão desde o último ciclo autoritário da vida nacional, como os fatos mais recentes estão a demonstrar. Demais, a representação da sociedade com a qual se constituirá os argumentos, no caso a comunidade de C & T, é um tipo de público *par excellence* afeito a relações Estado-sociedade nos marcos da civilidade e na perspectiva do pleno fluxo de direitos e deveres, o que configura a cidadania.

Concretizando o argumento, lança-se a seguinte questão: Têm-se dado, sob o prisma da cidadania, as relações Estado-sociedade no âmbito da gestão de C & T? Infelizmente, não. Ambas, nos papéis que lhes correspondem na administração de C & T nos vários níveis e nos componentes do sistema, têm fracassado no estabelecimento daquilo que seria um relacionamento ideal e linearmente construtivo.

A dimensão de suas responsabilidades não tem sido adequadamente captada nem pelo Estado, nem pela comunidade científica. A ruptura desse impasse, o que apontaria para o exercício pleno da cidadania na gestão de C & T, pressupõe um novo pacto, onde a comunidade científica representaria a sociedade civil na responsabilidade de gerar conhecimento, cuja

falta, inadequação etc., condenam ao atraso a sociedade e comprometem a soberania do Estado. De outro lado, como a produção do conhecimento é em grande parte medida financiada pelo tesouro nacional, reconhece-se a legitimidade para que representações políticas determinem prioridades de pesquisa básica e aplicada.

Estes e outros argumentos levam a sugerir-se a existência de direitos e deveres da parte de ambos os atores, os quais devem configurar a racionalidade na política de C & T. Os pontos desta agenda de gestão de C & T na perspectiva de uma nova era de relações entre a comunidade científica e o Estado poderiam, em princípio, ser divididos em dois grupos: deveres do Estado e deveres dos pesquisadores.

O primeiro grupo contemplaria a responsabilidade da administração pública – em alguns casos cumprindo preceitos constitucionais – de garantir a presença da função C & T nos orçamentos para viabilizar investimentos em infra-estrutura, financiamento de projetos e formação de pessoal. Incluiria também o compromisso do Estado com a remuneração digna dos pesquisadores, que contemplasse retribuições por titulação, produção científica e tecnológica, patentes etc. Seria ainda dever da administração pública, a concepção e implantação de sistemas de avaliação que, além de estabelecerem o primado da retribuição por produtividade, protegeriam a sociedade dos baixos desempenhos e qualidade do trabalho de pesquisa.

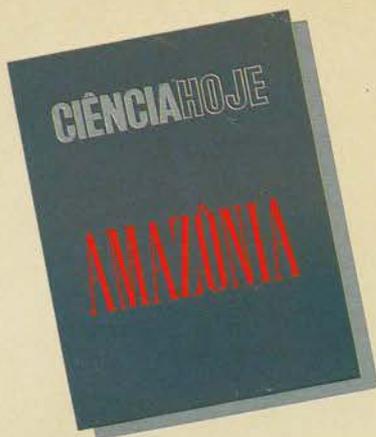
O segundo grupo corresponde à conduta do pesquisador isoladamente e como membro da comunidade científica, empenhando-se para alcançar a melhor formação acadêmica, dedicando-se integralmente à sua atividade, buscando a neutralidade possível na prática da pesquisa, evitando atitudes corporativistas no trabalho, tendo conduta ética em relação aos seus pares, estimulando processos de avaliação dos pesquisadores, interagindo com outros grupos e formando jovens pesquisadores, apoiando os mecanismos de controle social da pesquisa e buscando a dimensão correta do sentido da liberdade da pesquisa, internalizando institucionalmente os benefícios do seu trabalho como descobertas e patentes.

No cotejamento dos deveres fica evidente que não faz sentido pretender, como cidadão pesquisador, que da parte do Estado os deveres sejam cumpridos, sem que haja a necessária contrapartida. O segmento social que atua em C & T é fundamental para a sociedade mas não está acima dela e a sua atividade, como a de qualquer outro trabalhador deve estar sujeita a avaliações. A falta de tradição democrática na nossa sociedade não pode mais ser pretexto para o não encaminhamento desta questão.

Amílcar Baiardi

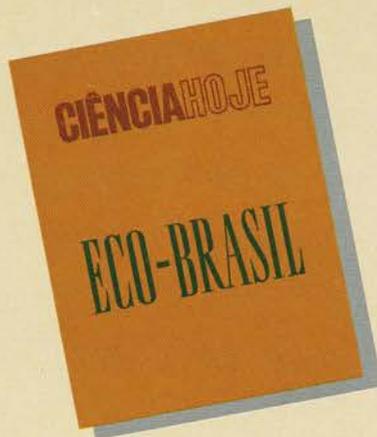
Universidade Federal da Bahia.

... não há como desconhecer os progressos na relação Estado-cidadão desde o último ciclo autoritário.



AMAZÔNIA

- A PESQUISA TUTELADA
- ANATOMIA DA MADEIRA
- CENÁRIOS DA AMAZÔNIA
- CHUVAS E CONSTELAÇÕES: CALENDÁRIO
- ECONÔMICO DOS ÍNDIOS DESÃNA
- INPA: RESISTIR FOI PRECISO
- LITERATURA ORAL INDÍGENA: O EXEMPLO DESÃNA
- MANEJE COM CUIDADO: FRÁGIL
- O DRAMA DOS YANOMAMI
- O GIGANTE DAS ÁGUAS DOÇES
- O PINCEL MÁGICO DE MARGARET MEE
- ORQUÍDEAS: ENTRADA E DISPERSÃO NA AMAZÔNIA
- PERDENDO RONDÔNIA
- POLÍTICA INDIGENISTA E ASSISTÊNCIA À SAÚDE
- PUPUNHA: UMA ÁRVORE DOMESTICADA
- QUEIMADA: O CORTE QUE ATRAI
- REFLORESTAMENTO INDÍGENA
- RONDÔNIA: ESTRADAS QUE LEVAM À DEVASTAÇÃO
- SELEÇÃO PREDATÓRIA
- UM DESAFIO PARA O FUTURO
- UM PIGMENTO NAS ÁGUAS NEGRAS
- UMA RESERVA BIOLÓGICA PARA O MARANHÃO
- VIOLACEÍNA: A DESCOBERTA DE UM ANTIBIÓTICO
- XAMANISMO E MEDICINA: O 'CASO RUSCHI'
REAVALIADO



ECO - BRASIL

- OS SERTÕES: A ORIGINALIDADE DA TERRA
- A CHUVA QUE NÃO QUEREMOS
- A FLORESTA E AS ÁGUAS
- A COLEÇÃO DE INSETOS DE FRITZ PLAUMANN
- A NATUREZA DAS RESTINGAS
- SOJA: PROTEÍNA PARA MILHÕES
- AMBIENTE, REPRESAS E BARRAGENS
- DA FLORESTA AO CERRADO, DA RESTINGA AOS MANGUEZAIS
- EUTROFIZAÇÃO ARTIFICIAL: A DOENÇA DOS LAGOS
- ENOS E O CLIMA NO BRASIL
- CACTÁCEAS: OS SEGREDOS DA SOBREVIVÊNCIA
- ABRÓTEA: O NOSSO BACALHAU
- EM BUSCA DAS RAÍZES
- PARQUE DAS EMAS
- ARARINHA-AZUL: A UM PASSO DA EXTINÇÃO
- PAEPALANTHUS, CUPINS E ARANHAS
- A HISTÓRIA DO VELHO BRASIL
- RHOPORNIS ARDESIACA, A AVE QUE SE ESCONDE
- SERPENTES NA SELVA DE PEDRA
- AS TARTARUGAS DA TRINDADE
- FEROMÔNIOS NO CONTROLE DE PRAGAS
- ADAPTAÇÃO BIOQUÍMICA EM PEIXES DA AMAZÔNIA
- O CERRADO E A ECOLOGIA DO FOGO
- RESTAURAÇÃO DA FLORESTA EM PASTAGENS DEGRADADAS
- NAS PEGADAS DO HOMEM AMERICANO

Agora você pode ter reunidos alguns dos mais importantes artigos publicados pela *Ciência Hoje* sobre o meio ambiente. São 48 artigos, todos eles escritos por renomados pesquisadores. Dois volumes, cada um deles com 160 páginas coloridas em papel couché. Você pode adquirir esse acervo único em condições especiais. Receba os exemplares em sua casa. Aproveite para presentear quem você gosta. Não perca essa chance.

Cada volume custa Cr\$ 195.000,00; os dois custam Cr\$ 300.000,00. Preços válidos até 10/03/1993

**Envie hoje mesmo seu pedido, acompanhado de cheque ou vale postal nominal à: CIÊNCIA HOJE
Av. Venceslau Brás, 71 - fundos / casa 27 22290 Rio de Janeiro RJ Tel.: (021) 295-4846
Fax: (021) 541-5342**

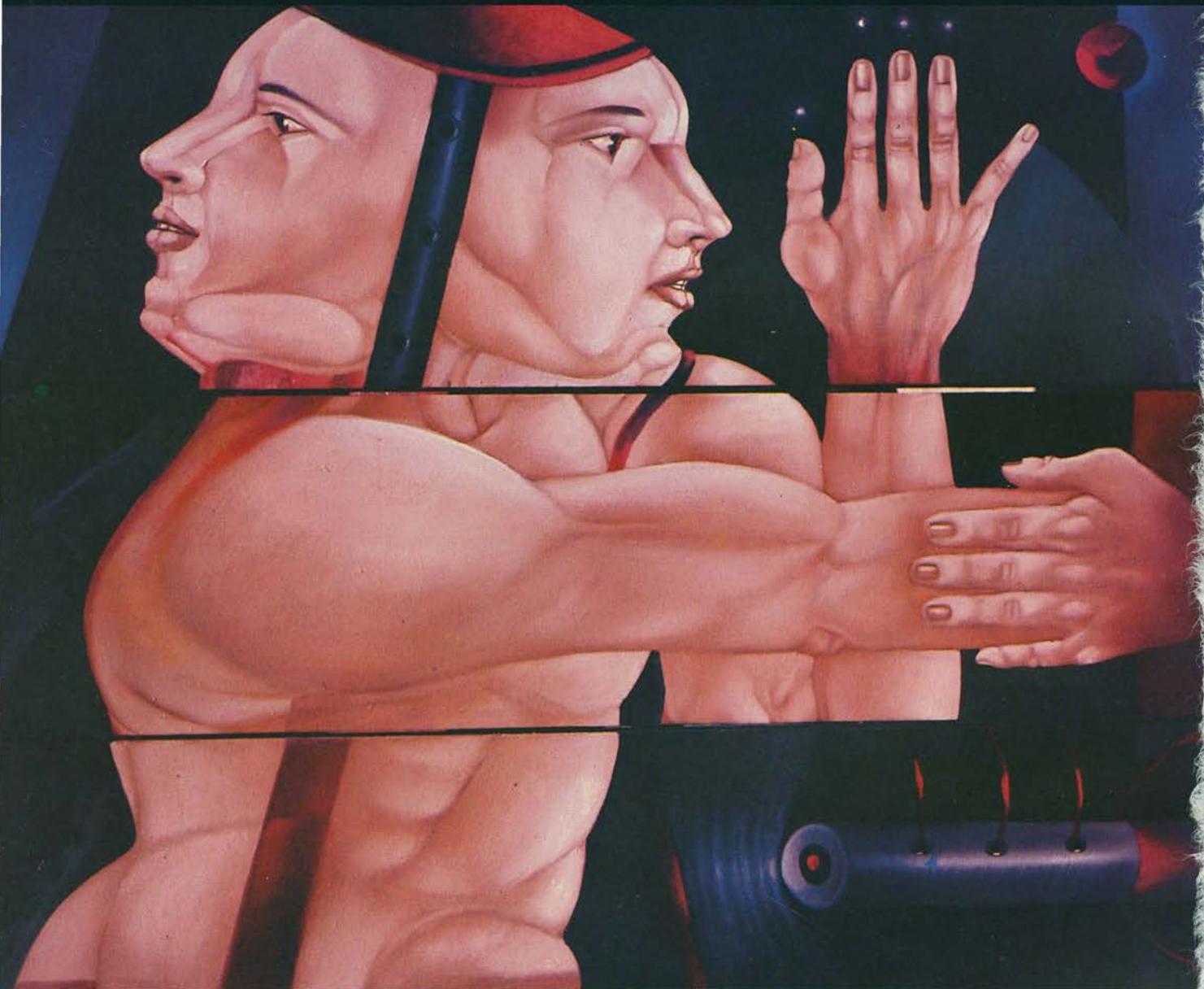
1993

UFPE/RECIFE
45^A REUNIÃO ANUAL
1^A EXPOCIÊNCIA



PROGRAMAÇÃO VISUAL DE GENÉRIUSO CUNHA JUNIOR PARA UFPE

CIÊNCIA E QUALIDADE DE VIDA



11 A 16
DE JULHO