

# CIÊNCIA HOJE

ISSN 0101-8515



Telescópios fabricados  
com sucata

O homossexual visto  
pela biologia

Como as praias mudam  
de lugar

## Desmatamento e clima

*o maior estudo  
já feito na  
Amazônia*



## VELA DE ANDIROBA

Em muitas regiões da Amazônia, os habitantes conseguem conviver com a malária e até vencer a luta contra ela, queimando a casca da árvore de andiroba. O cheiro afasta os mosquitos, protegendo contra a transmissão da doença.

O IEPA - Instituto de Estudos e Pesquisas do Amapá utiliza esse conhecimento popular, para desenvolver produtos naturais, economicamente viáveis e ecologicamente corretos.

O Museu do Desenvolvimento Sustentável do Amapá, é a vitrine que o Governo do Estado criou, para mostrar os resultados, as possibilidades, as pesquisas em andamento, e tudo o que está sendo feito dentro de um programa que pretende conseguir o desenvolvimento sem destruição.

## A QUESTÃO AMBIENTAL NO BRASIL

Vista através da perspectiva clássica de denúncia ecológica, a questão ambiental no Brasil vai mal. Para tanto, não faltam afirmações de que o país enfrenta um retrocesso nessa área. Enquanto algumas organizações não-governamentais se limitam ao *lobby* do verde, autoridades responsáveis pela formulação e implementação de políticas públicas na área ambiental fazem declarações insistindo em teses antiquadas.

Entretanto, uma análise histórica cuidadosa permite conclusões mais animadoras. Nos últimos 25 anos – isto é, desde a primeira Conferência Mundial das Nações Unidas sobre *O homem e o meio ambiente*, realizada em Estocolmo, em 1972 – conseguimos importantes progressos na área ambiental. No plano institucional, o país dispunha, naquela ocasião, de apenas duas pequenas agências de governo, uma em São Paulo e outra no Rio de Janeiro, responsáveis pelo controle da poluição e pela conservação do meio ambiente. No plano federal, não havia nenhuma. Somente em 1973 foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema).

Hoje, além do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, que substituiu a Sema, todos os estados da federação e a maioria dos municípios mais importantes possuem secretarias de Meio Ambiente que, apesar das deficiências, das dificuldades orçamentárias e de pessoal, vêm desempenhando um papel importante no aperfeiçoamento dos dispositivos legais destinados ao controle ambiental. No que se refere à legislação ambiental, o progresso foi ainda mais acentuado. Um conjunto de leis, baseado em princípios atualizados do direito, colocou à disposição da sociedade um amplo espectro de mecanismos que permitem, inclusive, o aperfeiçoamento dos procedimentos para análise prévia de empreendimentos com interferências potenciais expressivas sobre o meio ambiente natural ou sobre aquele construído, em áreas urbanas.

No setor tecnológico, a capacidade empresarial brasileira, em vários segmentos, faz um esforço para acompanhar e incorporar os avanços alcançados nos países mais adiantados, especialmente em relação às tecnologias que exigem menor consumo de energia e de matérias-primas. Na área das tecnologias agrícolas, nosso desempenho tem inclusive recebido reconhecimento internacional. Na visão do Prêmio Nobel da Paz de 1970, o agrônomo norte-americano Norman Borlaug, “graças ao sucesso das pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e de sua transferência para o setor produtivo, a região do cerrado rende hoje 25% de toda a colheita de grãos do Brasil”.

Além disso, fomos capazes de desenvolver uma nova variedade de milho com maior valor nutritivo, elevada produtividade e grande resistência a pragas, que pode mudar muitos dos conceitos tradicionais de nutrição, contribuindo assim, indiretamente, para aliviar os problemas da fome em nível mundial.

Em relação ao desenvolvimento sustentável, maior desafio contemporâneo no campo da conservação e proteção ambiental, também temos avançado. O chamado ‘conceito executivo de desenvolvimento sustentável’ requer que os preços de produtos e serviços incorporem, em sua estrutura, todos os seus custos, inclusive os concernentes à proteção do meio ambiente, ao longo de toda a cadeia produtiva e ainda no descarte de produtos, ao final de sua vida útil. A assimilação desse novo conceito, pelo mercado, parece agora mais próxima, tornando-se uma das esperanças e um dos resultados positivos de ações concertadas em nível internacional. Como fator de modernização e de atualização tecnológica, vale destacar a velocidade com que vários segmentos da indústria brasileira de bens e serviços vêm adotando as normas da Organização Internacional de Padronização (ISO). Tais normas representam, na realidade, as primeiras ações concretas em direção ao desenvolvimento sustentável.

A par dessa visão otimista, ainda há muito por fazer. Necessitamos rever as políticas relacionadas à administração de nossos recursos naturais, principalmente os da região amazônica, e adotar uma posição de vanguarda frente ao interesse mundial pela sua conservação. Ao invés de repudiá-lo, deveríamos considerá-lo uma oportunidade na avaliação correta do potencial econômico dos ecossistemas que compõem essa vasta e diversificada região.

Tais recursos naturais não devem ser medidos apenas por conceitos econômico-financeiros tradicionais. Na verdade, hoje, para a comunidade internacional, eles já são considerados escassos e, portanto, com ‘valor de mercado’ diferenciado! Assim, se conseguirmos formular programas para o desenvolvimento econômico e social dessa região, com ênfase em novos paradigmas políticos e administrativos imprescindíveis à conservação ambiental, estaremos dando um passo decisivo no sentido do verdadeiro fortalecimento da soberania nacional.

O PROJETO CIÊNCIA HOJE é responsável pelas publicações de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Compreende: revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on-line* (Internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos) e *Ciência Hoje das Crianças Multimídia* (CD-ROM).

**Conselho Diretor:** Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq), Cilene Vieira (Projeto *Ciência Hoje*), Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho/UFRJ), Otávio Velho (Museu Nacional/UFRJ) e Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ). Secretária: M<sup>a</sup> Elisa da C. Santos.

#### REVISTA CIÊNCIA HOJE

Publicação mensal do Projeto *Ciência Hoje*, nº 128, vol. 22, maio/Junho de 1997.

**Editores Científicos:** Luiz Drude de Lacerda (Instituto de Química/UFF) – ciências ambientais; Ronald Cintra Shellard (Dep. de Física/PUC-RJ e CBPF/CNPq) – ciências exatas; Vivaldo Moura Neto (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ) – ciências biológicas.

**Redação:** Suely Spiguel (coordenação), Ricardo Menandro e Maria Ignez Duque Estrada (edição de texto), Micheline Nussenzeig (redatora), Luisa Massarani (repórter), Teresa Coelho (secretária). e-mail: rdch@novell.cat.cbpf.br

**Arte:** Claudia Fleury (direção), Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda. (Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira – programação visual; Luiz Baltar – infográficos), Irani F. de Araújo (secretária).

**Colaboraram neste número:** Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa (revisão).

**Fotolito:** Open Publish Soluções Gráficas. **Impressão:** Gráfica J.B. S/A.

**Distribuição em bancas:** Fernando Chinaglia Distribuidora S/A. **ISSN** - 0101-8515.

#### PROJETO CIÊNCIA HOJE

**Endereço:** Av. Venceslau Brás nº 71, casa 27, CEP 22290-140, Rio de Janeiro, RJ. Tel.: (021) 295-4846, fax: (021) 541-5342. **Atendimento ao Assinante:** 0800 264846. *CH on-line:* <http://www.ciencia.org.br>

**Diretora Executiva:** Cilene Vieira.

**Administração e Financeiro:** Lindalva Gurfield (gerente), M<sup>a</sup> Elisa da C. Santos (produção), Luiz Tito de Santana, Pedro P. de Souza, Ailton B. da Silva, Luiz Cláudio Tito, Marly Onorato, Cathia Leiras, Neusa Soares e Flávia de Souza.

**Assinatura e Circulação:** Adalgisa Bahri (gerente), Maria Lúcia Pereira (assistente), Francisco R. Neto, Luciene de Azevedo, Márcio de Souza, Delson Freitas, Eliomar Santana, Sérgio Pessoa e Márcia da Silva.

**Comercial:** (Publicidade e Projetos): Ricardo Madeira (diretor nacional de comercialização); Marcos Martins (contato de publicidade/São Paulo); Sandra Soares (supervisora de operações comerciais). Rua Maria Antônia nº 294, 4.º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, telefax: (011) 258-8963.

**Representante Brasília:** Deusa Ribeiro, tels.: (061) 577-3494/989-3478, fax (061) 273-4780. **Representante/NE:** (Projeto Nordeste: Rudiger Ludemann) – rudiger.l@ibm.net – telefax (071) 379-5445 e tel.: (071) 961-6024.

**Representante/Rio Grande do Sul:** Avremiro Zimmermann, telefax: (051) 221-4538/221-7611.

**Sucursal São Paulo:** Vera Rita Costa (correspondente). Prédio da Antiga Reitoria, Av. Prof. Luciano Gualberto 374, trav. J, 4.º andar, salas 410/414, Cidade Universitária/ USP, CEP 05508-900, São Paulo, SP. Telefax: (011) 814-6656. Tel.: (011) 818-4192.

**Sucursal Belo Horizonte:** Ângelo Machado (coordenação científica), Roberto B. de Carvalho (coordenação de jornalismo) e Marise Muniz (correspondente) – ch-mg@icb.ufmg.br – (Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), caixa postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, telefax: (031) 443-5346.

**Representante Brasília:** Maria Lúcia Maciel (coordenação científica), Edifício Multi-uso I, Bloco C, térreo, sala CT65, Campus Universitário/UnB, caixa postal 0423, CEP 70910-900, Brasília, DF, telefax: (061) 273-4780.

**Representante Salvador:** Caio Mário Castro de Castilho (coordenação científica), tel.: (071) 247-2033, fax (071) 235-5592 – sbpc@ufba.br – Rudiger Ludemann (Projeto Nordeste), tel.: (071) 961-6024, telefax: (071) 379-5445. Marta Cury Maia (estagiária). Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA, CEP 40210-340, Salvador/BA.

O Projeto *Ciência Hoje* mantém intercâmbio com as revistas *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A. 5.º. A., 1193, Buenos Aires/Argentina), tels.: (00541)961-1824/962-1330) e *La Recherche* (Paris/França); e conta com o apoio de Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

REVISTA FINANCIADA COM RECURSOS DO

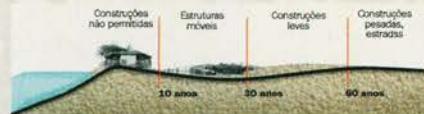
Programa de Apoio a Publicações Científicas

MCT

CNPq

FINEP

IVZ  
INSTITUTO VIVO DE EDUCAÇÃO



A descoberta de que duas proteínas, que em condições normais não interagem, podem ser 'casadas' por uma terceira substância – a rapamicina – pode ajudar a medicina e criar novos remédios e terapias.

Por Francisco G. Nóbrega.

Marcos Palatnik comenta a análise que Francisco M. Salzano faz da influência do caos e da ordem no surgimento da vida e nas relações humanas, no livro *Evolução do mundo e do homem: liberdade ou organização?*, enquanto Hilton Japiassu reforça a crítica à atual tecnociência, burocratizada e fragmentada, e a defesa de uma ciência civilizatória, em resenha do livro *Ciência com consciência*, de Edgar Morin.

A análise minuciosa de amostras de peixes e de sangue, urina e cabelos humanos revela a evolução da contaminação por mercúrio na Amazônia, trazendo novas questões sobre a participação dos garimpos no problema.

Por Olaf Malm, Jean Remy Guimarães, Miriam B. Castro, Wanderley R. Bastos, Fernando José P. Branches, Wolfgang C. Pfeiffer, João Paulo Viana e Ené Glória Silveira.





## OPINIÃO

24

A interdisciplinaridade, essencial às pesquisas ambientais, é o maior desafio hoje enfrentado por pesquisadores e professores da área, exigindo novas formas de pensar e agir, que superem a excessiva especialização da ciência. Por Mônica Armond Serrão.

## REPORTAGEM

28

A conservação e o uso sustentado da diversidade biológica brasileira ganharam um apoio fundamental: o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio), que só este ano está liberando US\$ 2,4 milhões para projetos de pesquisa na área ambiental.



### Desmatamento muda clima da Amazônia 32

*Carlos A. Nobre e John Gash*

Desenvolvido desde 1990 por cientistas brasileiros e ingleses, o projeto Abracos vem reunindo informações inéditas sobre as interações entre a atmosfera, a floresta e o solo na Amazônia, especialmente quanto aos efeitos do desmatamento, que tornarão mais confiáveis os modelos que simulam o clima mundial.

### Erosão costeira: a 'dança' das praias 42

*Henri Dupont e João Addad*

Por razões diversas, muitas praias vêm sendo 'engolidas' pelo mar, que em alguns casos ameaça estradas, casas e até prédios próximos da orla marítima. Esse fenômeno, a erosão marinha, também ameaça o litoral brasileiro, como revela estudo realizado entre o sul da Bahia e o norte do Espírito Santo.

### A homossexualidade masculina tem causas biológicas? 52

*Gregorio Santiago Montes, Élia Garcia Caldini e Nelson Caldini Jr.*

Descobertas científicas recentes sugerem que a homossexualidade teria origem biológica, possivelmente genética, mas a maioria dos trabalhos nessa área enfoca como a biologia afeta o comportamento, negligenciando o processo inverso. Apesar disso, ainda existe a dúvida: até que ponto as pessoas podem escolher os roteiros de suas vidas?

## É BOM SABER

60

A figueira-asiática, importada para enfeitar praças e ruas sem perigo para espécies nativas, é hoje um problema: a vespa que a poliniza chegou ao país e a árvore tornou-se uma ameaça às construções urbanas.

Por Rodolfo A. de Figueiredo e José Carlos Motta-Júnior.

Chamada de droga do amor, a anfetamina conhecida como 'êxtase' na verdade não aumenta o desejo ou o desempenho sexual e é altamente perigosa, pelos efeitos nocivos sobre o fígado, o coração e o cérebro. Por Cid Martins Batista.

Levantamento de vegetais que ocorre no Acre descobre novas espécies e revela o precário conhecimento sobre a flora amazônica.

Por Marcos Silveira, Nívia Maria C. de Paula, Irving F. Brown, Héliida B. N. Borges, Douglas Daly e Lucimar A. Ferreira.

## CIÊNCIA EM DIA

66

Controle adequado pode evitar a contaminação, em grãos de amendoim, de fungo que produz substância cancerígena.

Introdução de mosca exótica reduz a diversidade de espécies desses insetos em área de floresta no Pará.

Percevejos são empregados com sucesso no controle biológico de lagartas que atacam plantações de eucalipto.

## TECNOLOGIA

70

Maior especialista brasileiro no assunto, o óptico Bernardo Riedel montou no fundo do quintal, com máquinas sucateadas, uma fábrica de telescópios de alta tecnologia.

Capa: Foto de Claus Mayer





## Sushi e América Latina

Li com muita atenção o artigo do professor Ennio Candotti, 'Pepinos de nossa ciência', publicado no ano passado no *Boletín Asovac* (Capítulo Caracas).

Sem dúvida, a referência a meu artigo 'Pepinos do mar: sobre sushi, sedimentos e cobiça', que saiu em *Ciência Hoje* nº 117, é um engenhoso recurso para apresentar comentários e conceitos interessantes e pertinentes sobre nossa ciência de Terceiro Mundo e sobre o papel da divulgação.

Publiquei o citado artigo em *Ciência Hoje* por um motivo relativamente simples: não existe na Venezuela uma revista de divulgação científica como ela. Entre outras coisas, *CH* reúne altíssima qualidade de impressão, alta penetração, uma equipe editorial muito profissional e ritmo previsível de publicação. Como cientista militante, creio que é dever da comunidade científica latino-americana levar seus produtos para fora do 'gueto dos pares', do nosso perímetro de atuação natural. (...)

Assim, *CH* me ofereceu uma oportunidade de

desenvolver uma atividade de divulgador que tinha poucas possibilidades de desenvolver em meu país, por falta de veículos adequados. (...)

A divulgação científica é crucial para o florescimento – e até para a sobrevivência – de nossa ciência latino-americana, espécie em grave risco de extinção numa época de poucos recursos e de furacões neoliberais. Por tudo isso, espero que o projeto *Ciencia Hoy – Venezuela* se concretize definitivamente. *Jesús Eloy Conde, Laboratório de Ecologia e Genética de Populações, Instituto Venezuelano de Pesquisas Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela.*

*Em seu artigo, Ennio Candotti, fundador e primeiro diretor de Ciência Hoje e ex-presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), refere-se ao trabalho de Jesús Eloy Conde sobre os bolotúrtios ou pepinos-do-mar para ilustrar a situação da ciência na América Latina, escrevendo: "Parece uma contradição que, em tempos de hiperinformação, entre milhares de notícias, triviais ou altamente especializadas, que circulam a cada dia, as fronteiras da ciência para o grande público permaneçam distantes e obscuras. Dos milhões de páginas de jornal publicadas eletronicamente ou em papel, todos os dias, contam-se em poucas centenas as de divulgação*

*científica de boa qualidade. Podemos encontrá-las em Scientific American, La Recherche, New Scientist, Sapere, Ciência Hoje e poucas mais, que sobrevivem com dificuldade". Candotti informava que a revista francesa La Recherche interessou-se pelo artigo de Conde que, por sinal, até então continuava inédito na Venezuela e, diante desse fato incomum – um artigo de um pesquisador venezuelano ser publicado primeiro por uma revista brasileira e depois por uma francesa –, faz um rápido retrocesso da história de CH, que "nasceu em 1982 e desde pequena acostumou-se a viver da teimosia de seus editores. Menciona também o acordo de cooperação assinado entre Ciência Hoje e La Recherche, em julho de 1995, com o objetivo de publicar com reciprocidade artigos e notícias, estabelecendo novo canal de intercâmbio. (...) Cabe à comunidade científica latino-americana explorar esses campos singulares, divulgar suas pesquisas e dar-lhes significado na cultura desse agitado mundo. Afinal, em uma Terra globalizada, preservar as diferenças é muito importante, e cada um é conhecido por aquilo que sua cultura – de ciência ou história – tem de original".*

## Genes e neopositivismo

No céu dos filósofos, Georges Canguilhem deve

andar sorrindo de felicidade, após a leitura de 'Estaria tudo escrito nos genes?', de Steven Rose, publicado no nº 126 de *Ciência Hoje*. Esse artigo (a linha de pensamento e pesquisa que o gerou) é paradigmático daquilo que cada vez menos se observa a Universidade fazer: pensar criticamente, radicalmente, contra a maré. Nesse sentido, deveria ser bibliografia obrigatória em todos os cursos universitários que formam cientistas e profissionais da área biomédica.

Em um plano de compreensão mais geral do mundo, o que aparece no texto com nitidez é a emergência de um neopositivismo epistemológico associado ao hegemônico neoliberalismo ideológico. Parabéns para *Ciência Hoje!* *Reinaldo Guimarães, Instituto de Medicina Social, UERJ, Rio de Janeiro.*

## Correção

Na figura publicada no trabalho 'O remédio inteligente', na página 71 do nº 126, mostrando como os lipossomas (agregados de lipídios) podem ser usados para encapsular drogas, a parte hidrofílica dos lipídios é representada pelas camadas em vermelho e laranja (ou pelas 'cabeças', no detalhe), e as partes hidrofóbicas são as camadas mais claras (as 'caudas' pretas, no detalhe).

### Confusão cultural

Em um país onde o presidente de um órgão público (Ibama), destinado a defender o meio ambiente, propõe medidas que permitem a devastação florestal nativa (no caso, a legislação que muda a definição de Mata Atlântica), não surpreende a aquisição de livros didáticos com informações distorcidas e de baixo teor intelectual pelo Ministério da Educação (CH nº 121). Entendo que essas aberrações refletem causas adicionais àquelas bem discutidas pela revista. Por exemplo, a confusão cultural que atribui os

valores lógica, erudição e boas maneiras a uma elite antipática ao povo.

O esforço legítimo de democratização tem sido contaminado pela corrente populista e chula, que emprega o método "quanto mais longe desses valores, mais popular e melhor".

O resultado tem sido a manutenção da elite monetária e estulta, do povo pobre e ignorante e da nação sem rumo.

Orgulho-me de assinar esta revista. Ela e a SBPC representam o esforço positivo de educação democrática do país. Parabéns.

Laurival A. de Luca Jr.,  
Araraquara (SP).

### Astronomia

Sou estudante e pretendo fazer vestibular para astronomia. Vocês de *Ciência Hoje* poderiam me enviar uma relação das matérias que falam sobre o universo, os cometas, o sistema solar, buracos negros etc.? Obrigado pela atenção e um abraço amigo aqui do Sergipe para todos vocês.

Ézio Soares,  
Boquim, Sergipe.

Tome nota: sobre astronomia em geral, 'A origem do mundo' (nº 88); 'A grande muralha do céu do Sul' (nº 107), 'Há uma galáxia gigante à nossa porta?' (nº 117),

'Que idade tem o bojo de nossa galáxia?' (nº 115); sobre buracos negros: 'O poder dos buracos negros' (nº 74), 'O destino das estrelas' (nº 99); sobre cometas: 'Cometas, um aglomerado?' (nº 26), 'Como nascem os cometas?' (nº 101); sobre o universo: 'A matéria do universo' (nº 74). Agradecemos e retribuimos o abraço.



A SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franqueada 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* (1986).

Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

Sede Nacional: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 259-2766, fax: (011) 606-1002

Regionais: **AC** - Caixa Postal 36. Cep: 69908-970, Rio Branco - **AC**. Tel.: (068) 228-3051 (Karla Kristina Oliveira Martins). **MA** - Campus Universitário Bacanga/UFMA, Área de Convivência, Bl. 1 - Sl., Prédio do CEB (velho). Cep: 65080-040, São Luís - **MA**. Tel.: (098) 217-8183. Fax: 217-8702 (Maria Marlúcia Ferreira Correia). **RO** - Rua Pe. Agostinho, casa 13 Qd. 20, Conj. Santo Antônio - C.P. 460. Cep: 78904-420, Porto Velho - **RO**. **UFRO** - Depto. de Educação Física, Campus Universitário - BR 364, Km 9,5. Tel.: (069) 221-9408. Fax: (069) 216-8506 A/C Carmem (Célio José Borges). **AM** - Depto. Ciências Pesqueiras/Faculdades de Ciências Agrárias/Universidade do Amazonas. Cep: 69077-000, Manaus - **AM** (Vandick da Silva Batista). **BA** - Faculdade de Medicina/UFBA, Rua João Botas, s/n. Cep: 40110-160, Salvador - **BA** (Edgar Marcelino de Carvalho Filho). **CE** - Rua D. Jerônimo, 339/503/Otávio Bonfim. Cep: 60011-170, Fortaleza - **CE** (Ronaldo de Albuquerque Ribeiro). **PB** - Rua Nilda de Queiróz Neves, 130, Bela Vista. Cep: 58108-670, Campina Grande - **PB**. Rua Cardoso Vieira, 234. Cep: 58108-050, Campina Grande - **PB**. Tel.: (083) 321-1877. Fax: (083) 321-5406 (Elizabeth Cristina de Araújo). **SE** - Av. Francisco Moreira, 650/103/Edifício Port Spain. Cep: 49020-120, Aracaju - **SE**. **UFSE** - Campus Universitário/Jardim Rosa Eize. Cep: 49000-000, Aracaju - **SE**. Tel.: (079) 241-2848, r. 335. Fax: 241-3995 (Antonio Ponciano Bezerra). **DF** - SQN 107, Bl. H - ap. 503, Asa Norte. Cep: 70743-080, Brasília - **DF**. Tel.: (061) 272-1663/274-0570 (Carlos Block Jr.). **MG** - R. Senhora

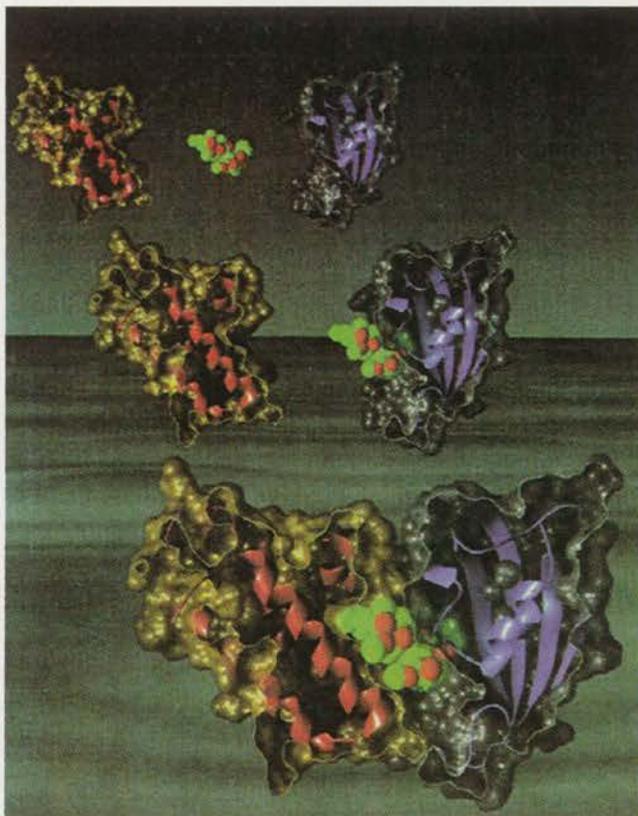
das Graças, 188, Cruzeiro. Cep: 30310-130, Belo Horizonte - **MG**. Fundação Ezequiel Dias/Sintese Fármacos. R. Cde. Pereira Carneiro, 80. Cep: 30510-010, Belo Horizonte - **MG**. Tel.: (031) 371-2077, r. 280. Fax: (031) 3322534. (Maria Mercedes V. Guerra Amaral). **GO** - Praça Universitária, 1.166 - 3º andar, Setor Universitário. Cep: 74001-970, Goiânia - **GO**. Centro de Estudos Regionais da Universidade Federal de Goiás, C.P. 131. Goiânia - **GO**. Tel./Fax: (062) 202-1035. mails@pequi.ufg.br (Marco Antonio Sperb Leite). **MT** - Rua Antonio Maria, 444, Centro. Cep: 78020-820, Cuiabá - **MT**. Av. Fernando Corrêa da Costa/UFMT, CCBS II/ Herbário Central, Cuiabá - **MT**. Tels.: (065) 315-8268/8351. Fax: (065) 361-1119 (Miramy Macedo). **ES** - Depto. Ciências Fisiológicas, Rua Marechal Campos, 1.468. Cep: 29040-090, Vitória - **ES** (Luiz Carlos Schenberg). **RJ** - CBPF - LAFEX, Rua Xavier Sigaud, 150. Cep: 22290-180, Rio de Janeiro - **RJ**. Tel.: (021) 542-3837/295-4846. Fax: (021) 5412047/5412342. shellard@lafex.cbpf.br (Ronald Cintra Shellard). **SP (subárea I)** - Rua Arthur Azevedo, 761/124, Pinheiros. Cep: 05404-011, São Paulo - **SP**. **USP/Depto. de Biologia/Instituto de Biociências C.P. 11461**. Cep: 05499-970, São Paulo - **SP**. Tel.: (011) 818-7579/818-7683 (Luís Carlos Gomes Simões). **SP (subárea II)** - Depto. Ciência Tecnol. Agro-Industrial/ESALQ, Av. Pádua Dias, 11. C. Postal 9. Cep: 13418-900, Piracicaba - **SP**. Tel.: (0194) 29-4150/29-4196/29-43213. Fax: (0194) 22-5925 (Luís Gonzaga do Prado Filho). **Botucatu (seccional)** - Depto. de Genética/Universidade Est. de São Paulo. Cep: 18618-000, Botucatu - **SP**. Tels.: (014) 821-2121, r. 229/822-0461 (Dértia Villalba Freire-Maia). **SP (subárea III)** - Depto. de Tecnologia/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária/Unesp. Depto. de Tecnologia Rod. Carlos Tonani, Km 05. Cep: 14870-000, Jaboticabal - **SP** (Márcia Rossini Mutton). **MS** - DCT/CCET/UFMS/Cidade Universitária. Cep: 79009-900, Campo Grande - **MS** (Almir Joaquim de Souza). **PR** - Depto. de Genética/Setor Ciências Biológicas. Caixa Postal 19071. Cep: 81531-990, Curitiba - **PR**. Tel.: (041) 366-3144, r. 232. Fax: (041) 266-2942. (Euclides Fontoura da Silva Jr.). **Maringá (seccional)** - Depto. de Biologia Celular e Genética/UEMaringá. Av. Colombo, 3.690. Cep: 87020-900, Maringá - **PR**. Tel.: (044) 262-2727, r. 342. Fax: (044) 222-2654. (Paulo César de Freitas Mathias). **RS** - Hospital das Clínicas Porto Alegre/Unidade Genética Médica. Rua Ramiro Barcelos, 2.350. Cep: 90035-003, Porto Alegre - **RS**. Tels.: (051) 332-6131/332-6699, r. 2310. Fax: (051) 3329661/3328324. giugliani@dpx1.hcpa.ufrgs.br (Roberto Giugliani). **Santa Maria (seccional)** - Rua dos Andradas, 1.123/ap. 404, Centro. Cep: 97010-031, Santa Maria - **RS** (Ruy Jornada Krebs). **Pelotas (seccional)** - Av. General Barreto Viana, 611. Cep: 91330-630, Porto Alegre - **RS** (Fernando Irajá Félix Carvalho). **Rio Grande (seccional)** - FURG/DECLA/Campus Carreiros. Cep: 96500-900, Rio Grande - **RS**. decisrio@super.furg.br (0532) 301400, r. 131. Fax: (0532) 301194 (Sílrio Lopez Velasco). **SC** - Depto. de Fitotécnica/CCA/UFSC. Caixa Postal 476. Cep: 88040-970, Florianópolis - **SC**. Tel.: (048) 234-2266/231-9357. Fax: (048) 234-2014 (Miguel Pedro Guerra).

## Heterodímeros: terapia gênica inovadora

Há cerca de um bilhão de anos, os ancestrais de uma bactéria do solo, o *Streptomyces hygroscopicus*, começaram a sintetizar um composto que bloqueava o crescimento de organismos com os quais competiam em seu habitat natural. Fabricado até hoje pelo *A. hygroscopicus*, esse composto – a rapamicina – foi isolado em 1975 por cientistas, e desde então descobriu-se que também é um inibidor potente da resposta imunológica.

Recentemente, uma equipe de pesquisadores\* conseguiu esclarecer como esse composto orgânico age, em nível molecular. Eles cristalizaram o complexo formado pela rapamicina e duas proteínas celulares, denominadas FKBP12 e FRAP. Essas duas proteínas não têm afinidade entre si, mas associam-se fortemente na presença de rapamicina. Os cristais obtidos foram bombardeados com raios X e o padrão de difração que apresentaram foi analisado. Essa técnica de análise tornou possível identificar, após cálculos complexos em computadores, a posição dos átomos das proteínas e da rapamicina, o que permitiu construir modelos tridimensionais para as moléculas associadas (ver figura).

Assim, descobriu-se que proteínas normalmente inca-



pazes de se associar passam, graças à presença da rapamicina, a formar um complexo estável com repercussões importantes quanto à função normal dessas proteínas na célula. Como esse complexo, no caso da FKBP12 e da FRAP, é formado por duas proteínas, é chamado heterodímero. Há vários anos conhecia-se a ligação da rapamicina com a FKBP12. Essa proteína tem como função o transporte e associação de outras proteínas celulares. No entanto, na presença da rapamicina, a FKBP12 assume um papel inesperado: gera um bloqueio

da proliferação celular que atinge os linfócitos (glóbulos brancos do sangue), resultando em inibição da resposta imunológica.

Estudos com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* demonstraram que o efeito da rapamicina no ciclo celular se deve ao bloqueio de uma enzima (uma quinase) que adiciona um grupo fosforil a uma proteína do ribossomo (organela celular onde ocorre a síntese de cadeias de proteínas). Com a quinase inativada, a síntese proteica da célula é paralisada, e isso interrompe a proliferação celular.

Descobriu-se logo, porém, que a FKBP12 não agia sozinha. O complexo FKBP12-rapamicina era incapaz de inibir a quinase purificada no tubo de ensaio (*in vitro*), indicando que outro fator era necessário. Usando as amplas possibilidades de análise genética na levedura *S. cerevisiae* obteve-se mutantes que levaram à identificação de outros genes necessários à ação da rapamicina – estes foram denominados genes TOR (de *target of rapamycin*). Em 1994, detectou-se uma proteína de mamíferos homóloga (com seqüência de aminoácidos parcialmente idêntica) aos TOR de levedura, e esta foi denominada FRAP. Normalmente, a proteína FRAP ativa a quinase necessária para a síntese proteica. Estava esclarecido o fenômeno: na presença da rapamicina, forma-se um complexo ternário – reunindo a própria rapamicina, a FRAP e a FKBP12 – que impede a ação normal da FRAP ao bloquear uma região, nessa proteína, essencial para sua função ativadora.

O achado de que uma droga (a rapamicina) pode 'forçar' a associação de proteínas que em condições normais não interagem está causando enorme expectativa entre os cientistas, particularmente quanto à abertura de uma possibilidade inovadora: a de

obter controle externo sobre a ação catalítica de enzimas ou hormônios.

O grupo de Michael Gilman já conseguiu desenvolver uma terapia gênica usando esse sistema: por engenharia genética, os dois elementos de um fator de ativação da transcrição dos genes – a proteína que se liga ao DNA e a que ativa a transcrição –

foram separados e modificados associando-se parte da FKBP12 a um dos fatores e parte da FRAP a outro. Esses genes foram introduzidos em células que continham um gene de hormônio de crescimento humano controlável pelo fator de transcrição (agora bipartido e em consequência inativo). Tais células foram implantadas em em-

brião de camundongo e o animal transgênico assim obtido produz hormônio de crescimento sempre que os cientistas fornecem rapamicina a ele, e a quantidade produzida depende da dose fornecida.

O estudo da ação da rapamicina, portanto, adicionou uma importante arma ao arsenal molecular disponível

para o desenvolvimento de técnicas promissoras de terapia gênica.

\* Choi, J.; Chen, J.; Schreiber, S.L. & Clardy, J., em *Science*, 273 (239-242), 1996.

**Francisco G. Nóbrega**

*Departamento de Microbiologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo.*

N O T A S



**Uma nova arma contra a gripe**

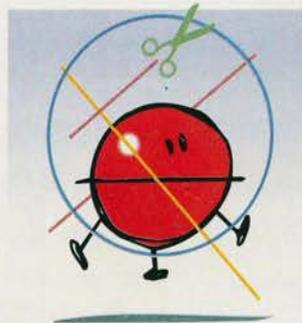
Cientistas de uma empresa de biotecnologia da Califórnia (Estados Unidos) anunciaram ter desenvolvido um composto que pode evitar surtos de gripe bloqueando a contaminação das células das mucosas do nariz e dos pulmões pelos vírus. Os testes com a droga, sob a forma de pílulas, só foram realizados em animais, mas mostraram que ela é eficaz contra todos os tipos de gripe. Os resultados de testes em humanos deverão ser conhecidos em breve.

O novo composto blo-

queia a atividade de uma enzima existente no vírus, a neuraminidase, responsável pela saída de novas partículas viróticas das células infectadas. Ela possui uma região ativa que é quase idêntica para todas as cepas do vírus. No entanto, especialistas em saúde pública alertam para a necessidade de certa cautela no uso de drogas como essa e como o zanamivir, composto desenvolvido na Austrália e no Reino Unido, atualmente em fase de testes clínicos. Tais drogas não agem como as vacinas, que protegem todos os vacinados contra determinadas cepas de vírus. Mesmo admitindo que as novas drogas sejam eficazes, os especialistas lembram que os programas de vacinação não devem ser descartados, pois previnem o alastramento da infecção. Além disso, argumentam que o uso desses novos medicamentos, se exagerado, pode fazer o vírus adquirir resistência ou favorecer novas cepas, mais danosas. *Science*, vol. 275, p. 756 (1997).

**Átomos ajudam a medir rotações**

Aproveitando a natureza ondulatória da matéria, descrita pela mecânica quântica, físicos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Estados Unidos) conseguiram medir rotações tão pequenas como um quarto de grau por hora. Para isso, usaram um aparelho, chamado interferômetro atômico, desenvolvido em 1991, que torna os átomos rivais dos fótons (estes, ao formar padrões de luz e sombras, alimentam interferômetros óticos, também usados para medir rotações). É assim que certos aviões medem os ângulos de seus deslocamentos durante a execução de manobras aéreas.



Ao passar por uma grade muito fina, um feixe de átomos pode ser dividido em várias partes, depois reagrupadas em um só conjunto. Por causa da natureza ondulatória dos átomos, os feixes, ao convergirem, produzem padrões de interferência sob forma de manchas escuras e claras. Tais manchas indicam o tempo de chegada das cristas e dos vales das ondas. Qualquer variação no caminho percorrido por esses feixes provocará uma defasagem das ondas, alterando o padrão de interferência. Como os átomos têm comprimentos de onda de magnitudes muito menores que as da luz, os interferômetros atômicos poderão ser até 10 mil vezes mais acurados que os interferômetros óticos comerciais e, provavelmente, serão mais baratos. Atualmente, grupos de físicos de várias universidades estão tentando aperfeiçoar os interferômetros atômicos para torná-los cada vez mais sensíveis. *Science*, vol. 275, p. 931 (1997).

ILUSTRAÇÕES WALTER VASCONCELOS

## O primeiro vertebrado voador

Em 1910, na Alemanha, foi encontrado em uma mina de carvão o fóssil de um réptil que apresentava um leque de ossos, saindo de cada lado dos ombros, como se fossem asas. Na época, o paleontologista alemão Otto Jaekel examinou a descoberta e concluiu que tal animal era improvável. Retirou os ossos das asas, acreditando serem espinhas de um peixe que teria se fossilizado em cima do réptil.

Agora, após estudos efetuados por vários cientistas durante anos, os pesquisadores Eberhard Frey e Wolfgang Munk, do Museu de História Natural de Karlsruhe (Alemanha), e Hans-Dieter Sues, do



Museu Real de Ontário, em Toronto (Canadá), confirmaram tratar-se efetivamente de um réptil alado, denominado *Coelurosauravus jaekeli*. O animal, que existiu há cerca de 250 milhões de anos, é o primeiro vertebrado voador conhecido, e suas asas eram feitas de ossos compridos e ocos, formados na própria pele.

Robert Carroll, da Universidade McGill (Canadá), foi o primeiro paleontologista a identificar o *C. jaekeli* como

um réptil voador, em 1978, interpretando as asas como extensões das costelas. Essa tese, defendida por outros especialistas, foi questionada no início dos anos 90 por Sues e Frey. Eles examinaram várias amostras, a maioria fornecida por colecionadores, e verificaram que as asas se dobravam em pequenos feixes de ossos desvinculados de outras partes do esqueleto, formados diretamente na pele. Quando abertos, os feixes formavam duas asas

curvas, com as quais os *Coelurosauravus*, com 30cm de comprimento, voavam por dezenas de metros.

Kevin Padian, da Universidade da Califórnia, em Berkeley (Estados Unidos), especialista em pterossauros, acredita que o conhecimento do *C. jaekeli* pode auxiliar o estudo da mecânica e da evolução de outros vertebrados voadores. Frey e seus colegas devem seus trabalhos à cooperação de colecionadores amadores, que procuram fósseis em todo o mundo. A maior parte das melhores amostras de fósseis encontradas não nos museus, mas em mãos de colecionadores particulares.

*Science*, vol. 275, p.1419 (1997).

## No Pará,

um estado tipicamente florestado, a riqueza em recursos naturais é a principal marca de seus 1.248.000 Km<sup>2</sup>, área correspondente a 24% de toda a Região Amazônica. A diretriz

## Desenvolver sem Devastar

adotada pelo Governo do Estado orienta as pesquisas sobre a biodiversidade e as formas de racionalizar sua exploração. Estimula atividades econômicas não-predatórias, recupera áreas degradadas e promove o beneficiamento de matérias-primas, em território paraense, por empresas de base tecnológica. Esta determinação

## é mais do que um princípio de governo.

Ao implantar o Fundo Estadual de Ciência e Tecnologia (Funtec) e apoiar programas de geração e difusão científica e tecnológica, o Estado começa a mudar o perfil de sua economia. Conciliar crescimento econômico, distribuição de renda e preservação ambiental, no Pará, é mais que um desafio.

## É fato.

# AJUDE A CONSERVAR O MAIOR PATRIMÔNIO NATURAL DO BRASIL

# A BIODIVERSIDADE

A CONSERVATION INTERNATIONAL é uma organização privada, sem fins lucrativos, com atuação em 23 países, especialmente em ecossistemas de alta diversidade biológica e sob ameaça iminente de destruição. A principal missão da organização é integrar os esforços de conservação com aqueles que promovam a melhoria das condições de vida do homem, através da demonstração da viabilidade de modelos de desenvolvimento sustentado.

A CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL, criada em 1990, é uma organização totalmente nacional, composta por profissionais brasileiros. Os esforços de conservação da CI do Brasil têm sido desenvolvidos através de parcerias com inúmeras outras organizações não-governamentais, assim como por meio de colaborações com agências de governo, em seus diferentes níveis, juntamente com instituições científicas, como universidades e centros de pesquisa.

A CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL conta com o suporte de várias agências de financiamento e de empresas que se preocupam com o futuro da biodiversidade do país. Dentre estas, destacam-se a Ford Brasil Ltda., o Banco Real de Investimentos, o Unibanco e o Bradesco. Outras empresas também participam dos esforços em andamento nas diferentes regiões do Brasil. Se você ou sua empresa desejam contribuir para esse objetivo comum, entre em contato com a nossa sede.



CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL  
Av. Antônio Abrahão Caram, 820/302 - 31275-000 - Belo Horizonte MG  
Telefax:(031) 441-1795 E-mail:info@conservation.org.br  
<http://www.bdt.org.br/bdt/cibrasil> - <http://www.conservation.org>

# Entropia e Charles Darwin revisitados



*Evolução do mundo e do homem: Liberdade ou organização?*, de Francisco M. Salzano. Col. Síntese Universitária/42-43, Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, 1995.

Com um texto atrativo, altamente didático, abundante bibliografia e grande amplitude temática que abrange o processo evolucionário, do biológico ao sociocultural, o geneticista Francisco M. Salzano desenvolve uma interpretação da teoria da evolução com base em relações duais antitéticas, como a questão 'liberdade *versus* organização', aplicada às concepções sobre a origem do universo e da vida.

A vida é regida por propriedades intrínsecas, anti-caóticas, da matéria. O surgimento da vida e da espécie humana não poderia ter ocorrido de modo arbitrário, em qualquer momento. Exigiria um equilíbrio das forças mencionadas: ao mesmo tempo

que a força de gravidade inicia um fenômeno de desequilíbrio, opera-se um processo de auto-organização, com a formação de elementos pesados (ação das forças nucleares) e moléculas complexas (ação das forças eletromagnéticas). Através da relação entre a organização e a força do anticósmo, é possível explicar como alguns sistemas desordenados apresentam espontaneamente um grau de ordem superior, sempre dependente de um fluxo constante de energia.

Liberdade ou organização? Lembremos com Jacques que, no século XIX, o conceito de energia passa a desempenhar um papel fundamental. As leis do Universo referem-se à energia sob a forma de princípios (afirmações primordiais que não são resultado de raciocínio) da termodinâmica.

O primeiro princípio é o da conservação da energia: em um sistema isolado, a quantidade total de energia mantém-se constante.

O segundo é o da degradação da energia: em um sistema isolado, a qualidade média da energia decresce, isto é, a entropia (ou estado de desordem) é crescente. Porém os sistemas isolados ou fechados (que não se alimentam de energia exterior) são muito raros. Os planetas, as

máquinas e os seres vivos são estruturas não-isoladas, que intercambiam energia e informações.

Mas, além dessa desordem 'desorganizadora', apontada pelo segundo princípio, devemos também pensar em uma desordem 'organizadora'. Este conceito foi introduzido pela termodinâmica de Ilya Prigogine, físico-químico e Prêmio Nobel.

Para esse autor, a teoria termodinâmica das estruturas dissipativas elimina a identificação entre o segundo princípio e a tendência à desordem: longe do equilíbrio, a irreversibilidade pode ser fonte de ordem. Há complementaridade, por exemplo, entre os fenômenos desorganizadores e os fenômenos organizadores nos 'turbilhões' de Bénard. Ele demonstrou experimentalmente que fluxos caloríficos, em condições de flutuação e de instabilidade, isto é, de desordem, podem transformar-se espontaneamente em 'estrutura' ou forma organizada.

Em síntese, o desvio, a perturbação e a dissipação podem provocar organização e ordem, simultaneamente. Portanto, é possível explorar a idéia de um universo que constitui a sua ordem e a sua organização na turbulência, na instabilidade, no desvio, na improbabilidade e na dis-

sipação energética.

Segundo a termodinâmica prigoginiana, a desordem trouxe-nos a morte, porém ligada ao ser, à criação e à organização. Assim, o novo cosmo, como o vemos hoje, consiste num processo duplo de organização e desintegração, ao contrário do velho cosmo, produto de um caminho irreversível para a morte, para o equilíbrio e para a desintegração.

No século XIX, a vida, as diferentes espécies, a existência dos homens e suas sociedades eram concebidas como produtos da evolução. Entretanto, um universo ativo e diferenciado parece um desafio ao segundo princípio, identificado com a evolução para um estado de equilíbrio uniforme e inerte.

Então, as 'leis da natureza' opõem-se à idéia de uma autêntica evolução? Prigogine responde que não. Para ele, essas leis devem responder a três exigências mínimas necessárias para admitir-se a evolução: 1) irreversibilidade; 2) noção de acontecimento; 3) a idéia de que alguns acontecimentos podem modificar o sentido da evolução.

A irreversibilidade, primeira exigência, consiste na quebra de simetria entre o 'antes' e o 'depois'. A segunda exigência deixa claro que um

acontecimento não pode ser deduzido de uma lei determinista, pois o que se produziu poderia não ter se produzido: as leis probabilísticas explicam os possíveis, porém não são suficientes. A terceira exigência indica que alguns acontecimentos poderiam modificar o sentido da evolução e gerar novas coerências.

A teoria de Darwin cumpre com essas três exigências mínimas. A irreversibilidade existe desde o nascimento dos indivíduos até o aparecimento de novas espécies, às quais correspondem novos nichos ecológicos, criando novas possibilidades de evolução. O acontecimento fundamental da teoria darwiniana é o aparecimento de uma nova espécie. A seleção natural constitui o mecanismo graças ao qual diferenças continuamente flutuantes (microacontecimentos) podem mudar de escala e engendrar uma verdadeira diferença: a transformação do perfil médio de uma população.

Essa propriedade que alguns acontecimentos adquirem de mudar de micro para macroacontecimento é o que dá sentido à evolução, criando as novas coerências. Entender a história não consiste somente em entender as regularidades ou o caos de acontecimentos arbitrários, mas também, como assinalou Prigogine, em compreender coerências e acontecimentos ao mesmo tempo, como uma antítese: se a coerência é significativa, o acontecimen-

to perde importância e vice-versa.

Com a multicelularidade inicia-se o desenvolvimento dos sistemas hierárquicos (genealógicos, ecológicos, de controle, de classificação). Mas uma vez constituído o organismo, não é o controle hierárquico que produz a vida do organismo; são as interações entre as células. Um organismo autoproduz-se de modo anárquico organizando-se de modo hierárquico. Assim, a noção de hierarquia é complementar, concorrente e antagônica com a de anarquia. As formas superiores de vida são totalmente dependentes das inferiores, como afirma Morin.

Ao longo de todo o processo evolucionário, portanto, o dilema liberdade *versus* organização está presente. Porém, as possibilidades de mudança estão condicionadas à estrutura da matéria preexistente. Salzano examina a esse respeito a sociedade humana, onde há um aparente jogo entre a liberdade de opções e as restrições impostas pela autoridade centralizadora. Esse antagonismo entre o individual e o social poderá vir a ser, minimizado pela própria tecnologia. Entretanto, como se define a sociedade? Quais são os condicionantes da evolução social?

No capítulo 7, do seu livro, 'O social *versus* o não-social', Francisco Salzano considera aspectos fundamentais da estrutura social do homem e dos primatas não-humanos, além de invertebrados colo-

niais e insetos sociais, destacando quatro traços sociais humanos evolucionariamente conservados nos primatas: a) machos dominantes sobre fêmeas (poderia levantar-se uma dúvida quando se observam os avanços dos movimentos feministas mundiais?); b) escalas de respostas, especialmente em interações agressivas; c) cuidado maternal prolongado; d) organização matrilineal. Há grande interesse nos modelos de agressividade que pretendem responder à questão, suscitando indagações como: pode a seleção natural causar variabilidade genética para a agressividade? É possível fazer uma taxonomia dos motivos da guerra em *Homo sapiens*? A resposta é afirmativa e inclui causas psicossociais, além das econômicas e políticas.

A sociedade anarquista se destaca como aquela que procurou modificar substancialmente o grupo humano em direção a uma sociedade livre, responsabilidade de todos. Podemos citar aqui um exemplo clássico dos atuais Nuer do Sudão Meridional, agrupamento pastoril nilótico (do Nilo), dedicado à pesca e agricultura, sem instituições legais, órgãos de governo, liderança desenvolvida e vida política organizada. O Estado baseia-se no parentesco e é acéfalo. Apesar disso, há ordem e conservam-se as relações sociais. Trata-se de uma anarquia ordenada, produto, segundo Evans-Pritchard, de uma educação igualitária, democrática. Mas os Nuer ten-

dem facilmente à violência, que os leva à guerra contra os Dinka, inimigos imemoriais, apesar de semelhantes na ecologia, na cultura e nos sistemas sociais. Quase sempre os agressores são os Nuer que encaram pilhar os Dinka como um estado normal de coisas, um dever. Atacar os Dinka, para roubar seu gado, é um dos passatempos prediletos dos Nuer.

No livro do professor Salzano, salienta-se o capítulo sobre a cultura das sociedades humanas e não-humanas, por ser o autor um especialista em populações aborígenes de baixo grau de aculturação. Aliás, em outro livro anterior, *Biologia, cultura e evolução* (1993), publicado pela mesma editora, Salzano apresenta um tratamento complementar a este tópico.

A discussão de diversos problemas da bioética em genética e na evolução e um exame das relações entre ciência e tecnologia no mundo e no país encerram este precioso e multifacetado ensaio, que inspirará reflexão e servirá de ponto de partida para futuros estudos a pesquisadores, profissionais e estudantes de áreas afins da biologia, medicina, antropologia, sociologia, evolução e física.

**Marcos Palatnik,**

Faculdade de Medicina  
e Hospital Universitário  
Clementino Fraga Filho, UFRJ.

# Contra o enlouquecimento da Razão



*Ciência com consciência.*  
Edgar Morin, Rio de Janeiro,  
Bertrand Brasil, 1996.

Foi nos anos 50, ao romper com o marxismo 'oficial' por mascarar os verdadeiros problemas e tornar-se dogmático, Edgar Morin começou a desenvolver um pensamento próprio, bastante fecundo e instigante, a partir da convicção de que há, pelo menos, um problema que interessa a todos os homens: o de compreender o mundo, o nosso conhecimento e a nós mesmos. Indignado com a divisão entre cultura científica e cultura humanista, Morin passa a defender a tese de uma totalidade 'aberta' e de um pensamento 'planetário', situando-se nas antípodas de todo dogmatismo. Não aceita que a categoria 'verdade' constitua uma realidade metafísica ou uma entidade epistemológica passível de ser invocada como explicação única porque, em seu nome, defende-se a opressão e muitos crimes

são cometidos: "Nada é tão perigoso quanto a certeza de ter razão. Nada causa tanta destruição quanto a obsessão de uma verdade considerada como absoluta. Todos os crimes da história foram consequências de algum fanatismo. Todos os massacres foram cometidos por virtude; em nome da religião verdadeira, do nacionalismo legítimo, da política idônea, da ideologia justa; em suma, em nome do combate contra a verdade do outro, do combate contra Satã" (François Jacob).

Convencido de que o divórcio entre ciência e humanismo reproduz o fosso entre o avanço do saber e a busca do sentido, cavado pelo triunfo da racionalidade tecnocientífica, Morin analisa as ciências (naturais e humanas) em sua inscrição numa cultura, numa sociedade e numa história. E defende ardorosamente sua tese de uma ciência que tome consciência de seu papel na sociedade e dos princípios ocultos que comandam sua elucidação: "As ciências humanas não têm consciência das características físicas e biológicas dos fenômenos humanos. As ciências naturais não têm consciência de sua inscrição numa cultura, numa sociedade, numa história." Ele convoca os cientistas a tomar consciência da complexidade da reali-

dade e da realidade da complexidade: "a consciência sem ciência e a ciência sem consciência são mutiladas e mutilantes".

O pensamento complexo é animado por uma tensão permanente entre a aspiração a um saber não compartimentado (não redutor) e o reconhecimento de sua incabamento-incompletude. Não se resignando com os saberes fragmentados, Morin aspira a um pensamento multidimensional, impregnado de verdades profundas cujas incertezas e ambiguidades não sejam decididas pela força: embora antagônicas, elas são complementares. Se "até a pura luz da ciência tem necessidade, para resplandecer, das trevas da ignorância" (Marx), o objetivo do pensamento é dissipar as obscuridades do real para nele introduzir ordem e clareza. E é complexo tudo o que não pode ser reduzido a uma palavra-chave, a uma lei ou a uma idéia simples. Diante dos desafios de nosso vir-a-ser, falta-nos uma resposta política. Nossas sociedades estão diante de um futuro indecifrável. A crise da idéia de progresso é agudizada por nossa incapacidade de pensar os problemas locais e globais. Esta dramática afasia do pensamento convive com saberes precisos, mas fragmentados. A atual tecnociência, bastante burocratizada, recorta a realidade em inúmeras fatias, deixando cada um de nós na confusão. Urge o tempo de reagir contra esta vertigem histórica de crispações,

intolerâncias e fanatismos e de elaborar uma verdadeira política de civilização, se é que pretendemos fazer do homem o sujeito e o fim da política, e não só seu meio e objeto. Donde a necessidade de repudiar toda Razão absoluta, fechada e auto-suficiente, transformando-a numa Razão aberta, capaz não só de converter-se no modo privilegiado de comunicação entre o racional e o irracional, entre inteligência e afetividade, mas também de pôr-se em cultura: o homem é ao mesmo tempo razão e desrazão, *sapiens e sapiens/demens*.

Como diz Morin, "a razão enlouquece (...) quando se torna o instrumento dos processos bárbaros de dominação, mas também quando se destina à instauração de uma ordem racionalizadora, na qual tudo o que a perturba se torna demente ou criminoso". Nesta lógica, produz-se uma burocracia para a sociedade e uma sociedade para esta burocracia; produz-se uma tecnocracia para o povo e constrói-se um povo para esta tecnocracia. E a loucura se instala quando esses processos de racionalização irracional se convertem em processos dirigidos para a morte. Uma pista de solução? A construção de uma ciência com consciência e de uma consciência com ciência.

**Hilton Japiassu**

*Instituto de Filosofia e Ciências Sociais - UFRJ.*

POLÍTICA  
AMBIENTAL  
DE BOA  
VIZINHANÇA  
NA BAHIA.



## Licenciamento Ambiental pela Internet.

Para instalar uma nova empresa na Bahia, você simplifica a sua vida ao acessar o CRA, via Internet, e mostrar que vai conviver em harmonia com o meio ambiente.

O Governo da Bahia facilitou ainda mais o processo de liberação da licença ambiental para a instalação de novas empresas em todo o Estado.

Agora, você acessa pela Internet, o CRA - Centro de Recursos Ambientais, autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia e preenche o formulário retirado do seu computador, devolve via Internet, com o número do comprovante de pagamento das taxas ao Baneb e aguarda, também via computador, sua licença com os condicionantes do CEPRAM.

Os processos tecnológicos do seu empreendimento serão estudados, comparados com os parâmetros físico-biológicos e socioeconômicos, para prevenir riscos e impactos que poderiam ser causados ao meio ambiente.

A partir daí é trabalhar, crescer, gerar emprego e renda, sem agredir a natureza. Em paz com os vizinhos que, como você, fazem parte do nosso ecossistema.



Home Page: <http://www.cra.ba.gov.br/histamb.htm>

**E-mail: [cra@cra.ba.gov.br](mailto:cra@cra.ba.gov.br)**



Para entender como o WWF resolve este

pode ser um deles. Conheça os projetos que o WWF desenvolve no Brasil e veja como ajudar. <http://www.wwf.org.br>

WWF



FULL JAZZ

O WWF PÔE O HOMEM DE MÃOS DADAS COM A NATUREZA. São mais de 5 milhões de afiliados, em mais de 100 países. E você também



disputa, vire este anúncio ao contrário.

# MERCÚRIO NA AMAZÔNIA: EVOLUÇÃO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL E HUMANA

*Os garimpos têm sido apontados, há muitos anos, como os maiores responsáveis pela contaminação dos rios amazônicos com mercúrio, usado para separar o ouro de solos e sedimentos. No entanto, o conhecimento sobre o ciclo ambiental do mercúrio em áreas tropicais ainda apresenta lacunas e os resultados de estudos sobre a contaminação de peixes e de populações na Amazônia levantam muitas questões.*

**Olaf Malm,**

**Jean Remy Davee Guimarães,**

**Miriam Brugnara Castro,**

**Wanderley Rodrigues Bastos,**

**Fernando José P. Branches e**

**Wolfgang Christian Pfeiffer,**

*do Laboratório de Radioisótopos*

*Eduardo Penna Franca,*

*ligado ao Instituto de Biofísica*

*Carlos Chagas Filho,*

*da Universidade Federal*

*do Rio de Janeiro; João Paulo Viana,*

*da Universidade da Flórida,*

*em Gainesville (Estados Unidos);*

*e Ene Glória Silveira,*

*da Universidade Federal de Rondônia,*

*pesquisam há alguns anos a*

*contaminação nas populações*

*ribeirinhas, em trabalhadores*

*envolvidos na recuperação*

*e compra de ouro e no meio ambiente*

*(peixes, sedimentos, solos, ar)*

*de bacias hidrográficas onde o*

*garimpo é ou foi intenso.*

*Os dados já obtidos justificam*

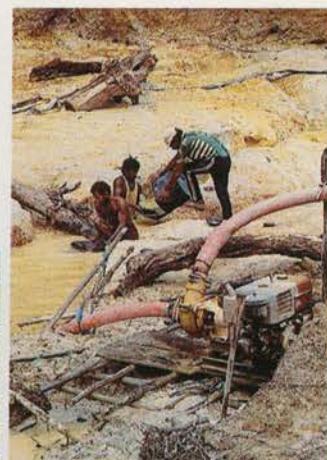
*uma preocupação com os riscos*

*da atual contaminação*

*e reforçam a necessidade*

*e a importância de continuar*

*e ampliar as pesquisas.*



**Figura 1.**  
**Vistas de áreas de garimpo de 'baixão' (em leito de rio) e de garimpo de filão (veios de quartzo, em áreas secas).**

Nos últimos 20 anos, na Amazônia brasileira, os garimpos de ouro (figura 1) lançaram em torno de duas mil toneladas de mercúrio (Hg) nos solos, nos rios e na atmosfera, causando importante contaminação ambiental, já que esse metal, mesmo em baixas concentrações, é nocivo aos animais e ao homem. Os garimpos – fontes de mercúrio móveis, dispersas e intermitentes, em função da natureza da atividade – contaminam solos e rios com Hg metálico e a atmosfera com Hg em forma de vapor.

Os garimpeiros usam o mercúrio por sua capacidade de solubilizar outros metais, a frio, inclusive o ouro, formando amálgamas, e por sua elevada volatilidade. Misturado ao solo ou ao sedimento, esse elemento químico liga-se às minúsculas partículas de ouro ali presentes, permitindo assim sua separação. Em seguida, a queima do amálgama com maçarico volatiliza o mercúrio e permite recuperar o ouro. O processo, atraente pela simplicidade e pelo baixo custo, é

muito usado em toda a bacia amazônica e em países como Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela e Guianas (na América do Sul), Tanzânia (na África), China, Indonésia e Filipinas (na Ásia).

A inalação do vapor de mercúrio emitido na queima do amálgama contamina garimpeiros e empregados de lojas de compra de ouro em pequenas cidades, que submetem o ouro trazido dos garimpos a nova queima. Já o Hg metálico emitido em várias etapas do processo de garimpo (como no lançamento de resíduos da amalgamação no ambiente) é em parte convertido, em solos e sedimentos, em metilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ), composto conhecido pela sigla MeHg. Essa forma orgânica, muito tóxica, é intensamente acumulada pela fauna aquática, em especial por peixes predadores, cujo consumo é a principal via de contaminação da população humana não envolvida na atividade garimpeira. Nos últimos anos, estudos em áreas de garimpo na Amazônia evidenciaram diversos aspectos do comporta-

mento do Hg na atmosfera e em ambientes terrestres e aquáticos ao redor das fontes de emissão.

Este trabalho aborda os resultados de pesquisa desenvolvida, durante mais de 10 anos, sobre a contaminação ocupacional humana por mercúrio e os níveis desse elemento na população ribeirinha e em peixes, avaliada em amostras coletadas principalmente nas bacias dos rios Madeira e Tapajós, de características biogeoquímicas bastante contrastantes (figura 2). As coletas – a partir de 1987 no rio Madeira e de 1991 no Tapajós – foram realizadas em áreas de garimpo, vilas ribeirinhas e cidades onde há comércio de ouro (figura 3).

Além de avaliar os níveis absolutos de contaminação, o estudo permitiu observar algumas variações sazonais, particularmente para os níveis de Hg em peixes. A qualidade das técnicas analíticas utilizadas, desenvolvidas no Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (Universidade Federal do Rio de Janeiro), foi verificada em exercícios internacionais de intercalibração que contam com a participação de laboratórios de referência.

## O Hg NO ORGANISMO

O mercúrio é de alta toxicidade para o homem quando inalado na forma de vapor, por ser quase totalmente absorvido pelos alvéolos pulmonares. Os percentuais de retenção do metal atingiram de 75% a 100% em experimentos com animais, enquanto no homem foi observada retenção em torno de 75% para concentrações de Hg no ar entre 50 e 350 µg por m<sup>3</sup> (um µg é a milionésima parte do grama).

Ao entrar na circulação sanguínea, ainda na forma metálica (Hg<sup>0</sup>), o mercúrio atravessa facilmente membranas de células, como os glóbulos vermelhos, e atinge vários tecidos, em especial certas áreas do cérebro. Uma parte desse mercúrio, porém, é oxidada ainda nos glóbulos vermelhos, passando à forma iônica Hg<sup>2+</sup> e formando vários compostos solúveis, que tendem a se acumular nos rins.

O melhor meio de avaliar a exposição e incorporação do Hg metálico pelo homem é através da análise da urina – coleta não-invasiva. A intoxicação por vapor de Hg ocasiona diversos distúrbios neurológicos não muito específicos, como tremores, perda de memória, irritabilidade, fraqueza, insônia. Isso dificulta o diagnóstico, pois vários desses efeitos assemelham-se a sintomas de malária. Tais distúrbios – ressalte-se – são relativamente reversíveis, ao contrário dos causados pela ingestão do mercúrio em sua forma orgânica, o metilmercúrio (MeHg).

## O Hg NO MEIO AMBIENTE

Quando emitido na forma de vapor, o Hg tem um tempo de residência na atmosfera de dias a anos. Parte desse

mercúrio deposita-se no local e parte incorpora-se à circulação atmosférica regional e global. A oxidação do metal (Hg<sup>0</sup> Hg<sup>2+</sup>), por diversos processos, o torna altamente solúvel e facilita sua deposição por gravidade ou através das chuvas.

O mercúrio inorgânico liberado nas formas metálica ou gasosa pode ainda originar o composto organometálico metilmercúrio (CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>), bastante solúvel em lipídios e com grande afinidade por membranas celulares. A síntese desse composto, a partir de Hg<sup>2+</sup>, é mediada por diversos tipos de microorganismos em ambientes aquáticos. O metilmercúrio (ou MeHg) representa parcela muito pequena do total de mercúrio presente em sistemas aquáticos, mas é a forma dominante desse metal nos organismos superiores.

A concentração de MeHg aumenta ao longo da cadeia alimentar, pois sua absorção é muito eficiente e sua eliminação mínima. Dessa forma, a concentração do composto em um peixe depende do tamanho e da idade deste e de sua posição na cadeia alimentar. Peixes de elevado nível trófico, como os piscívoros (que comem outros peixes), são portanto bons indicadores do nível



**Figura 2. Localização das principais áreas de estudo, nas bacias dos rios Madeira e Tapajós. As áreas em (COR) indicam as principais regiões de atividade garimpeira.**



**Figura 3. Garimpo com draga na bacia do rio Madeira.**

de contaminação de um corpo d'água.

Em áreas sem o impacto direto da contaminação por mercúrio, os níveis nos peixes de diferentes hábitos alimentares são semelhantes – em geral inferiores a 0,2 parte por milhão (ppm) para peixes de água doce e 0,15 ppm para peixes de mar. Em grandes predadores oceânicos, como atuns e tubarões, os níveis podem ser bem mais elevados. Em áreas contaminadas, o índice costuma ser superior a 2 ppm, principalmente em peixes carnívoros, e pode chegar até a 20 ppm, valor considerado letal para esses animais.

Por muito tempo pensou-se que o sedimento do fundo de rios e lagos fosse o principal local de formação do MeHg, mas a reação já foi observada em outros substratos: em solos, na coluna d'água e em perifiton (camada de algas que cresce em talos e raízes de plantas aquáticas e outras superfícies submersas). Técnicas de análise mais sensíveis, recentemente desenvolvidas, demonstraram a presença de MeHg em águas de drenagem (subterrâneas) e na água da chuva, o que sugere a possibilidade, ainda não demonstrada, de sua formação na atmosfera. Admite-se hoje que, dependendo da área de drenagem de

um lago, por exemplo, a produção de MeHg é maior nessa área – com conseqüente exportação para o lago – do que dentro deste.

Empregando técnicas radioquímicas para determinar o potencial de metilação de Hg em diferentes tipos de ambientes aquáticos, na Amazônia, o Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca comprovou em estudo recente que o solo da floresta inundada (igapó) e os grandes bancos de plantas aquáticas (semi-enraizadas ou flutuantes) existentes nas várzeas dos rios são locais de metilação de Hg mais importantes que o sedimento. Esses dois ambientes aquáticos são uma característica marcante e praticamente exclusiva da região amazônica.

Em certas bacias hidrográficas, a produção e disponibilidade de MeHg são maiores, levando a altas concentrações do metal em peixes, mesmo na ausência de fontes pontuais de liberação, como garimpos. Águas ácidas, pobres em nutrientes e ricas em matéria orgânica dissolvida, como as dos rios amazônicos de 'água preta' (o rio Negro, por exemplo) e as da maioria dos lagos ao norte dos Estados Unidos e Canadá, apresentam maiores proporções de MeHg. Com fre-

qüência, nessas águas, as concentrações de mercúrio em peixes predadores excedem os limites sugeridos pelas autoridades sanitárias para consumo regular.

O represamento de rios para a construção de hidrelétricas favorece o aumento da concentração de Hg em peixes, processo melhor documentado do que compreendido. À medida que a represa amadurece e torna-se aos poucos semelhante a um lago natural – o que pode levar décadas –, os índices de contaminação tendem a voltar aos níveis anteriores ao represamento.

A ingestão pelo homem de peixes com elevadas concentrações de mercúrio pode ser crítica se esse consumo é rotineiro, pois em geral mais de 90% do Hg presente em peixes está na forma mais tóxica (MeHg), e a absorção desse composto é muito eficiente (mais de 95%). No organismo, o MeHg associa-se principalmente (até 90%) aos glóbulos vermelhos, enquanto as formas inorgânicas permanecem dissolvidas no plasma. As concentrações do MeHg são maiores no sangue do que em qualquer outro líquido do corpo, como leite, urina, líquido cérebro-espinhal e outros, mas pode ser significativa, na amamentação, a transferência para a criança.

A elevada permeabilidade e afinidade da placenta por metilmercúrio faz com que a concentração, no feto, seja até 30% superior à observada na gestante. A exposição ao MeHg pode causar malformações congênitas no feto, muito mais sensível que os adultos. Em adultos, os efeitos são, como no caso do Hg inorgânico, de ordem neurológica, afetando principalmente áreas do córtex cerebral e comprometendo funções motoras (coordenação, equilíbrio etc.) e sensoriais (visão e tato).

### COMO MEDIR A CONTAMINAÇÃO

A avaliação da contaminação por mercúrio nas bacias dos rios Madeira e Tapajós foi realizada com base na análise

de amostras de cabelo e urina humanas e amostras de peixes (cerca de 1.350, no total, somando os três tipos). O cabelo pode ser usado para avaliação da exposição humana ao metilmercúrio pois a concentração do composto nos fios é proporcional à concentração sanguínea no momento em que eles são formados. Isso torna o cabelo um bom indicador da exposição à forma orgânica de mercúrio.

O sangue pode indicar a situação momentânea tanto para Hg orgânico (localizado basicamente em glóbulos vermelhos) quanto para Hg inorgânico (localizado em especial no plasma). Mas o cabelo permite verificar de forma retrospectiva a exposição humana ao metilmercúrio, pois a concentração desse composto no cabelo é cerca de 300 vezes maior que no sangue e os fios crescem à taxa média de 15cm por ano. Além disso, a simplicidade de coleta e armazenamento tornam esse tipo de amostra ideal para avaliar a contaminação em populações humanas. O consumo de peixes – fonte de proteínas para as vilas ribeirinhas da Amazônia – é a principal via de absorção de metilmercúrio. Portanto, a concentração de Hg nos cabelos deve ser avaliada à luz da quantidade e do tipo de peixe consumido.

### EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Para avaliar a exposição ocupacional ao vapor de Hg foram realizadas análises da urina de trabalhadores de lojas de compra e queima de ouro em dois centros importantes desse comércio, Alta Floresta e Santarém, entre 1991 e 1994-1995 (figura 4). Observam-se valores bem mais elevados em Santarém: a média, nessa cidade, foi de 178 partes por bilhão (ppb), com variação de 1,4 a 1.170 ppb, enquanto em Alta Floresta a média atingiu 16 ppb, com variação de 1,2 a 70 ppb. O limite máximo ocupacional sugerido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e adotado no Brasil é de 50 ppb.

A elevada variabilidade nos dados individuais reflete as diferenças de exposição ao mercúrio e de metabolismo individual e também a grande rotatividade dos trabalhadores nessa atividade. Apesar da variabilidade, nas duas cidades as concentrações de Hg em urina tendem a diminuir ao longo do tempo.

Em Santarém, os valores eram altos em 1991 e 1992 e caíram em 1994. No início dos anos 90, a maioria das lojas de compra da cidade – historicamente um importante centro de comércio de ouro – eram residências adaptadas, com dimensões reduzidas e má circulação de ar. Hoje, permanecem apenas as lojas

maiores, com melhores condições de trabalho. Os menores níveis em Alta Floresta podem ser atribuídos às lojas maiores e melhor projetadas, já que a cidade tem menos de 20 anos. Nos dois centros, a queda provavelmente também reflete a diminuição do garimpo, traduzida na redução tanto do número de lojas quanto da quantidade de ouro processada em cada uma.

### Hg EM PEIXES

A contaminação em peixes foi bem documentada. Na bacia do rio Madeira, os mais de 400 peixes (cerca de 50 espécies) analisados até agora apresentam separação clara com relação ao hábito alimentar e à acumulação de Hg (figura 5). Em peixes carnívoros dessa bacia, o nível médio de mercúrio (em torno de 850 ppb, com máximo de até 3.920 ppb) é bem superior à média dos peixes de outros hábitos alimentares. O Ministério da Saúde recomenda o limite de 500 ppb para consumo regular de peixe (60g/dia). Estima-se que as comunidades ribeirinhas das bacias dos rios Tapajós e Madeira tenham uma taxa de ingestão de peixe diária entre 150 e 200g/dia.

Em climas temperados observa-se uma clara relação entre a concentração de Hg e o tamanho (ou peso) dos peixes, o que ajuda a estabelecer limites de

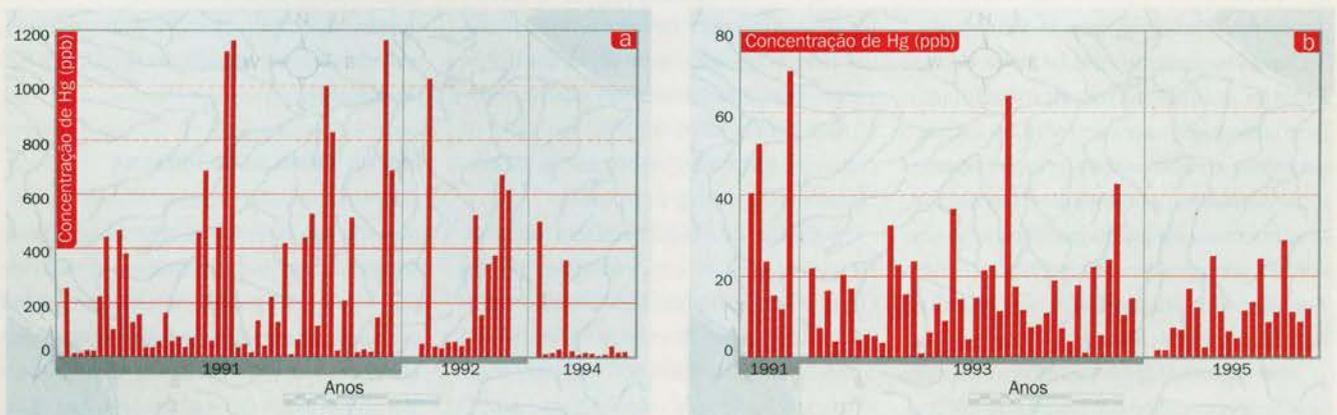
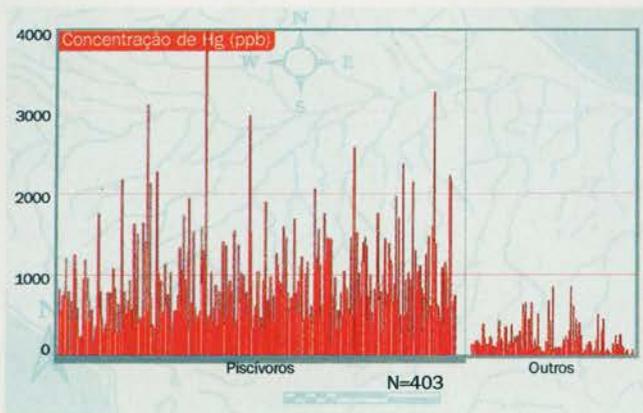
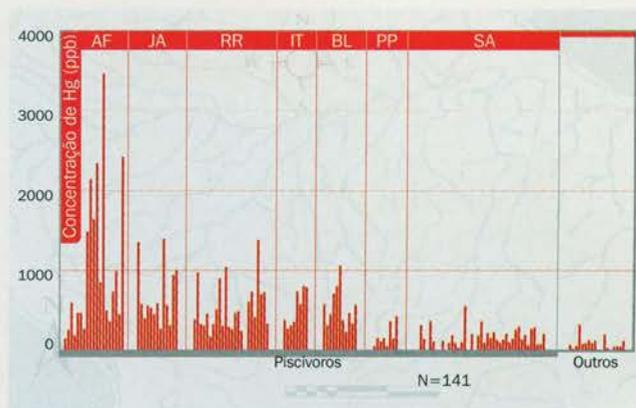


Figura 4. Variação temporal dos níveis de mercúrio na urina de trabalhadores de lojas de compra de ouro em Santarém (A) e em Alta Floresta (B). A concentração de Hg é dada em partes por bilhão (ppb).



**Figura 5. Níveis de mercúrio em peixes – piscívoros e não-piscívoros – coletados de 1987 a 1994 na bacia do rio Madeira. Os resultados individuais (barras), para cada tipo de hábito alimentar, estão ordenados pelo peso dos peixes, e a concentração de Hg é dada em partes por bilhão (ppb).**



**Figura 6. Níveis de mercúrio em peixes – piscívoros e não-piscívoros – coletados na bacia do rio Tapajós. Os dados sobre peixes piscívoros estão separados por várias localidades: Alta Floresta (AF), Jacareacanga (JA), Rio do Rato (RR), Itaituba (IT), Brasília Legal (BL), Ponta de Pedras (PP) e Santarém (SA). Os resultados individuais (barras), para cada tipo de hábito alimentar, estão ordenados pelo peso dos peixes, e a concentração de Hg é dada em partes por bilhão (ppb).**

consumo em função do tamanho dos peixes e das taxas de ingestão de pescado pela população. Na Amazônia, tal relação não tem sido observada para a maioria das espécies – o que, aliado à grande diversidade de peixes, dificulta a definição desses limites. Além disso, peixes da mesma espécie coletados nos mesmos locais e na mesma época mostraram uma variabilidade natural apreciável nas concentrações de Hg. Esse padrão repete-se em outras áreas estudadas, sejam elas impactadas ou não, o que poderia ser explicado pela elevada diversidade na dieta desses peixes.

Em peixes capturados na bacia do rio Tapajós, o nível de contaminação também difere de acordo com o hábito alimentar e mostra clara relação com o local de coleta: as concentrações de Hg diminuem ao longo do rio (figura 6). Os valores observados em peixes do Alto Tapajós são comparáveis aos obtidos na região do rio Madeira.

Exemplares de tucunaré (*Cichla ocellaris*) pescados em agosto de 1991 e agosto de 1993 no reservatório de Samuel, em Rondônia, mostram que a

concentração de mercúrio elevou-se ao longo do tempo (figura 7), resultado compatível com a idade – menos de 10 anos – da represa. Nem sempre há relação direta entre a concentração de Hg e o peso dos peixes, como seria esperado, mas tal relação é confirmada, para peixes carnívoros, quando se dispõe de maior número de amostras do mesmo local e espécie (figura 8). A comparação entre os níveis de Hg em tucunarés observados na mesma época do ano em Samuel (Rondônia) e Santarém (Pará) indicou que, no primeiro local, as concentrações são sempre maiores para a mesma faixa de tamanho de peixes. Entre as áreas estudadas na Amazônia, Santarém é aquela em que os pesquisadores têm encontrado os menores níveis de Hg em peixes.

A época de coleta também determina variações nas concentrações de Hg (figuras 9 e 10): estas tendem a ser mais elevadas no fim da estação seca (junho a setembro). Na estação chuvosa, o ganho rápido de peso dos peixes, graças à maior oferta de alimento, reduz o teor relativo de Hg. Isso deixa claro que, pa-

ra comparar os níveis de Hg em peixes de diferentes áreas, devem ser usados dados de coletas feitas na mesma época do ano.

O pequeno número de peixes coletados no Tapajós tornou difícil, para essa área, relacionar os níveis de Hg com o peso ou com a época do ano e detectar as variações ao longo dos anos. Estudos mais detalhados em peixes, que poderão esclarecer esses e outros aspectos do ciclo do Hg nessa bacia, estão sendo realizados desde 1994 por um grupo de pesquisadores da Universidade de Montreal, em convênio com as universidades federais do Pará e do Rio de Janeiro.

## Hg NA POPULAÇÃO HUMANA

A contaminação da população ribeirinha mostra padrões diferentes de acordo com a bacia hidrográfica e os hábitos locais. Amostras de cabelo obtidas ao longo do rio Madeira mostram valores maiores nas vilas ou cidades de Teotônio, Humaitá e Manicoré, mais isoladas, onde a dieta da população é mais restrita a peixes capturados localmente

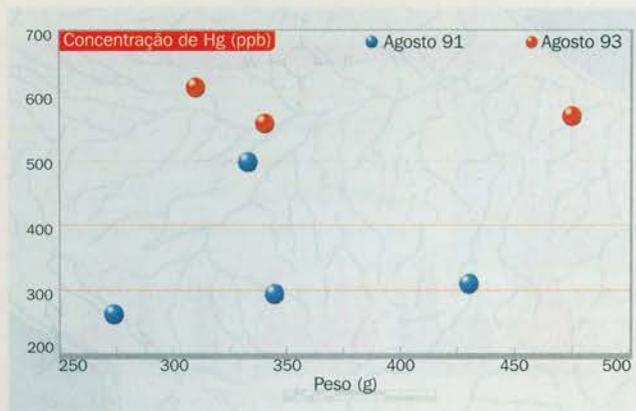


Figura 7. Níveis de mercúrio em tucunarés (*Cichla ocellaris*) do reservatório de Samuel, no rio Jamari. A concentração de Hg é dada em partes por bilhão (ppb).

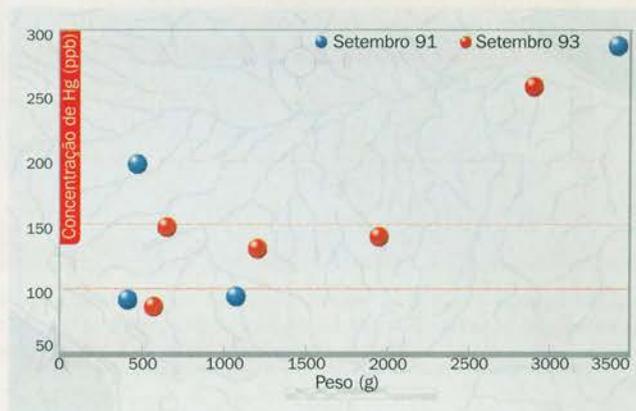


Figura 8. Níveis de mercúrio em tucunarés (*Cichla ocellaris*) de Santarém, mostrando que a concentração de Hg – dada em partes por bilhão (ppb) – tende a aumentar com o peso.

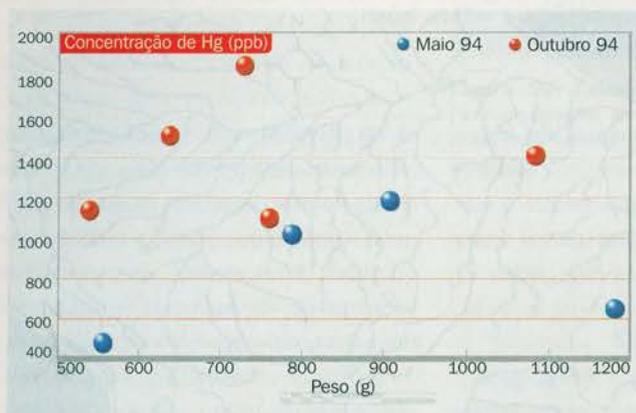


Figura 9. Variação sazonal dos níveis de mercúrio em peixe-cachorro (*Rhaphiodon vulpinus*) do rio Candeias, afluente do Jamari, abaixo do reservatório de Samuel. A concentração de Hg é dada em partes por bilhão (ppb).

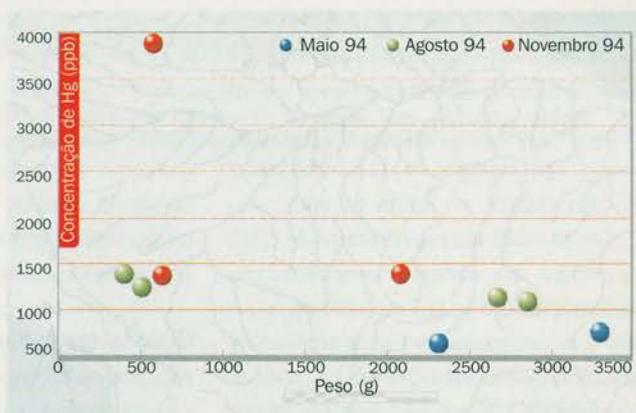


Figura 10. Variação sazonal dos níveis de mercúrio em apapá-amarelo (*Pellona castelneana*) do rio Jamari. A concentração de Hg é dada em partes por bilhão (ppb).

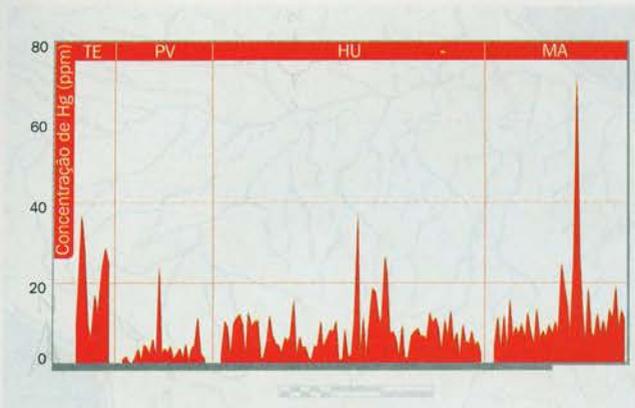
(figura 11). A pesquisa registrou a taxa de ingestão de peixes de cada indivíduo da amostragem, mas não foi verificada correlação entre essa taxa e os níveis de Hg no cabelo, o que pode ser explicado pela variedade de tipos de peixes consumidos, principalmente peixes não-carnívoros. Resultados obtidos em Humaitá ao longo de quatro anos sugerem redução das concentrações de Hg com o tempo (figura 12), mas é preciso continuar o monitoramento para confirmar a tendência.

Na bacia do Tapajós, amostras de cabelo de 432 indivíduos revelam níveis

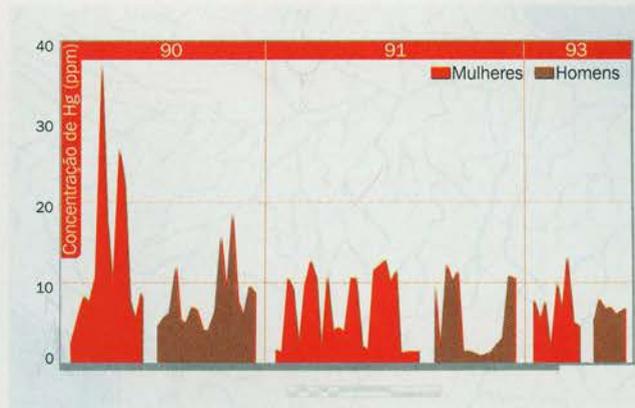
mais elevados de Hg (média de 17 ppm e máximo de 176 ppm) que na bacia do Madeira (169 amostras, com média de 9 ppm e máximo de 71 ppm). As concentrações em cabelos, ao longo do Tapajós, caem à medida que se desce o rio (figura 13), semelhante ao que se observa em peixes da mesma região. Os menores valores de Hg em cabelo foram obtidos em Santarém, cidade próxima à confluência do Tapajós com o rio Amazonas.

O monitoramento ao longo do tempo de diversos indivíduos do sexo masculino na vila de Brasília Legal revelou

claro acréscimo nas concentrações entre 1992 e 1993, mas uma diminuição em 1994 (figura 14). O acompanhamento dos níveis de Hg em alguns indivíduos, ao longo do tempo, indica que o padrão geral observado para a população também pode ser detectado, embora com menor clareza, em nível individual. A variabilidade no tipo de peixe consumido pode explicar os diferentes valores registrados para grupos com hábitos alimentares aparentemente semelhantes. Estudos da concentração de Hg ao longo de fios de cabelo revelaram uma variabilidade sazonal da incorporação de Hg,



**Figura 11.** Níveis de mercúrio em cabelos humanos coletados em diferentes localidades da bacia do rio Madeira: Cachoeira de Teotônio (TE), Porto Velho (PV), Humaitá (HU) e Manicoré (MA). No gráfico, os resultados individuais (barras) de cada localidade estão ordenados por taxa crescente de ingestão de peixes, e a concentração de Hg é dada em partes por milhão (ppm).



**Figura 12.** Variação, entre 1990 e 1993, dos níveis de mercúrio em cabelos humanos coletados em Humaitá, no rio Madeira, em mulheres (F) e homens (M). No gráfico, os resultados individuais (barras) estão ordenados por taxa crescente de ingestão de peixes, e a concentração de Hg é dada em partes por milhão (ppm).

fruto da variação sazonal de Hg nos peixes, mas também da disponibilidade de cada espécie ao longo do ano.

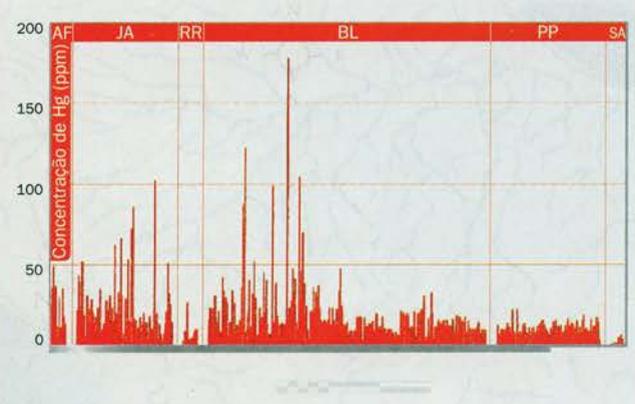
Coleta realizada em fevereiro de 1990 na região dos índios Yanomami, em Roraima, incluindo 162 indivíduos, mostrou que na época não estavam contaminados (valor médio de 3,61 ppm e intervalo de 1,40 a 8,14 ppm). Os Yanomami preferem a caça à pesca e os níveis de Hg no cabelo, entre eles, são com-

paráveis aos de populações de baixo consumo de peixe. No entanto, são necessários estudos complementares naquela região e em muitas outras áreas amazônicas, ainda não pesquisadas.

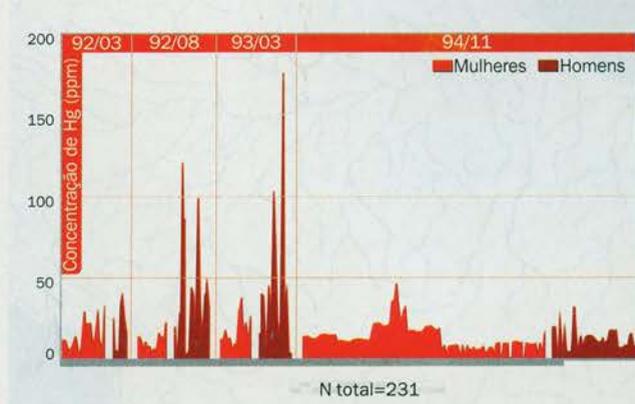
**O GARIMPO É O VILÃO?**

A questão das conseqüências do garimpo para o ambiente e para a saúde humana sempre foi tema controverso, em função da importância socioeconômi-

ca da atividade, da complexidade do ciclo ambiental do mercúrio e da existência no país de poucos grupos de pesquisa capacitados para as análises requeridas. Praticamente não há dados sobre níveis de mercúrio em compartimentos ambientais na Amazônia antes do garimpo, e isso, aliado ao pequeno conhecimento sobre o ciclo ambiental do Hg em áreas tropicais, dificulta conclusões claras sobre a influência do ga-



**Figura 14.** Variação entre 1992 e 1994 dos níveis de mercúrio em cabelos humanos na vila de Brasília Legal, no rio Tapajós, em mulheres (F) e homens (M). No gráfico, os resultados individuais (barras) estão ordenados de acordo com a idade do indivíduo, e a concentração de Hg é dada em partes por milhão (ppm). Os resultados individuais estão ordenados apenas por sexo e idade.



**Figura 13.** Níveis de mercúrio em cabelos humanos em diferentes localidades da bacia do rio Tapajós: Alta Floresta (AF), Jacareacanga (JA), Rio do Rato (RR), Itaituba (IT), Brasília Legal (BL), Ponta de Pedras (PP) e Santarém (SA). A concentração de Hg é dada em partes por milhão (ppm). Os resultados individuais estão ordenados apenas por origem e data.



**Figura 15.** Em alguns garimpos, o processo de amalgamação já é feito em sistema fechado, em princípio sem contaminação ambiental.



**Figura 16.** Os garimpos abandonados tornam-se verdadeiros cemitérios de ferragens.

rimpo nas concentrações de Hg no ambiente e na população (figura 15).

Os primeiros estudos sobre o mercúrio na região, motivados pelo recrudescimento do garimpo, voltaram-se para a documentação dos efeitos da atividade. No entanto, à medida que aumentam tanto os estudos quanto a diversidade de áreas estudadas, surgem mais perguntas. Garimpos são fontes móveis e intermitentes de um elemento volátil e em transformação incessante, mas tal elemento também é emitido por muitas outras fontes e transportado em escala local, regional e global, o que dificulta a definição dos 'níveis naturais de Hg'. Áreas como o rio Negro, de atividade garimpeira recente e pouco documentada, apresentam níveis de Hg maiores que áreas historicamente impactadas.

Estudos de dispersão de mercúrio em áreas de garimpo no Brasil sugerem que o Hg metálico emitido em sistemas aquáticos tem, em geral, mobilidade e disponibilidade baixas para a biota, mas os níveis do elemento em peixes em áreas não-contaminadas parecem também ser mais altos e variáveis do que se supunha. O garimpo parecia ser, de forma inquestionável, o principal vilão

na contaminação atmosférica por Hg na região amazônica. Recentemente, porém, iniciou-se no meio científico uma interessante discussão sobre a importância relativa das queimadas, da erosão e dos garimpos como fontes de Hg para o ambiente. Esse e outros aspectos do comportamento do mercúrio ainda trarão muitas surpresas.

Os peixes predadores são considerados os melhores indicadores de contaminação por mercúrio. A pesquisa, portanto, vem confirmando essa contaminação nas bacias do Madeira e em certas áreas do Tapajós, onde os níveis de Hg em tais peixes estão perto ou acima dos limites sugeridos pela OMS ou pelo Ministério da Saúde (500 ppb).

Especula-se que, dependendo do tipo de processo de mineração, houve nos últimos cinco anos uma redução entre três e 10 vezes na atividade garimpeira em várias regiões amazônicas (figura 16). Uma constatação interessante é a de que a expressiva queda na atividade garimpeira, nos últimos anos, não se reflete de forma direta ou rápida nas concentrações de Hg em peixes.

Quanto à exposição ocupacional ao vapor de mercúrio, ficou claro que é

bem maior em Santarém do que em Alta Floresta. Essa contaminação, porém, a julgar pelos níveis de Hg em urina, mostra tendência de queda, provavelmente refletindo mais a drástica redução da atividade garimpeira do que o uso de equipamentos mais seguros nas lojas de compra e venda de ouro.

Há dúvida sobre qual a porcentagem de Hg – em peixes e populações humanas – devida ao garimpo e às fontes naturais, mas sabe-se que uma dieta rica em Hg é um fator de risco. A Organização Mundial de Saúde sugere a faixa de 10 a 20 ppm de mercúrio no cabelo como limite aceitável, mas tal limite é superado em várias regiões da Amazônia. A pesquisa revelou níveis mais elevados em indivíduos da bacia do rio Tapajós (média de 17 ppm), em relação aos da bacia do Madeira (média de 9 ppm), e os dados referentes à primeira sugerem um sutil decréscimo com o tempo.

Enquanto se busca esclarecer a dinâmica ambiental do Hg, suas transformações e destino, é importante que as populações ribeirinhas mais expostas da Amazônia e outras populações com dieta rica em Hg sejam monitoradas continuamente.

# INTERDISCIPLINARIDADE: O DESAFIO DA PESQUISA AMBIENTAL

O agravamento dos problemas ambientais, principalmente nos dois últimos séculos, vem colocando em risco a vida na Terra, ao comprometer o equilíbrio dos ecossistemas e a manutenção da diversidade biológica. Tal fato reclama soluções cada vez mais urgentes da ciência moderna. Mas esta nem sempre corresponde às exigências: ao contrário, ao tentar resolver os problemas, muitas vezes provoca outros. Em função disso, inúmeros questionamentos vêm sendo dirigidos à forma como a ciência atual é desenvolvida. Da mesma forma, a universidade, local de produção do saber científico, tem sido alvo de muitas críticas, em função de suas falhas e de seu distanciamento dos problemas que afligem a sociedade. Esse contexto foi o ponto de partida para um estudo – envolvendo, como sujeitos, pesquisadores ambientais de universidades públicas do Rio de Janeiro – que pretendeu discutir os reflexos da oposição sociedade-natureza no meio acadêmico brasileiro. Com base no princípio de que a ciência surgiu no mundo ocidental por volta do século XVII, apoiada em uma concepção mecanicista da natureza e obedecendo a uma lógica dicotomizante, que separa o homem do mundo natural, o estudo procurou encontrar influências dessa dicotomia na pesquisa ambiental desenvolvida em algumas de nossas universidades.

**MÔNICA ARMOND SERRÃO**

*Universidade Estácio de Sá,*

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

## A NOVA IDÉIA DE NATUREZA

Quando passou a vigorar a concepção dicotômica de mundo, proposta por René Descartes no século XVII, a relação sociedade-natureza mudou de forma radical. Essa concepção forneceu os pressupostos teóricos que embasaram todo o paradigma científico formado desde então, e ainda vigente no mundo ocidental. Não significou apenas separação, ou seja, mera exclusão da natureza do meio social. Ela pressupôs, antes de tudo, uma dominação do homem sobre a natureza.

A visão dicotômica permitiu ao homem ver a natureza como mercadoria e constituiu a condição primeira para que a produção de bens materiais fosse generalizada. Essa concepção de mundo consolidou toda uma nova cultura e, portanto, novos modos de vida e de produção. Naquele momento tiveram início os graves problemas ambientais característicos da época moderna.

A biosfera começou a ser agredida com tal intensidade e velocidade que os efeitos da atuação humana atingiram uma extensão nunca antes conhecida. Os recursos naturais passaram a ser considerados infinitos, e acreditava-se que a natureza seria capaz de assimilar, indefinidamente, os resíduos produzidos pelo mundo industrial moderno. Assim, a partir das descobertas científicas, iniciadas no século XVII e com grandes progressos no século XIX, a ciência transformou-se em força produtiva e a

necessidade de dominar a natureza, através do seu conhecimento, tornou-se imperativa.

O estabelecimento do capitalismo como sistema hegemônico no mundo ocidental reforçou a concepção utilitarista da natureza nessa parte do planeta. Com isso, aqueles que detinham o capital passaram a se apropriar não apenas da terra e dos recursos naturais, mas também do saber produzido nos meios científicos. Portanto, os detentores do capital foram – e ainda são – os maiores beneficiários do saber que começou a ser produzido nas universidades. É por esse motivo que a pesquisa acadêmica, através de seus cientistas, teve e continua a ter papel decisivo no destino da biosfera.

## A COMPARTIMENTAÇÃO DO SABER

A universidade moderna instituiu uma divisão do trabalho científico: de um lado ficaram as ciências da natureza (e suas subdivisões) e de outro as ciências humanas (e suas subdivisões). Para o geógrafo brasileiro Carlos Walter Gonçalves, um crítico desse modelo, o hiato existente entre os dois campos tem levado a um diálogo extremamente pobre. A concepção dicotômica cartesiana, que opõe homem e natureza, manifesta-se aqui separando as ciências que estudam o homem e o meio social daquelas que estudam a natureza e seus processos.

A compartimentação acentuada da

ciência, em áreas e disciplinas isoladas, dentro do sistema acadêmico (ensino e pesquisa) brasileiro, é uma das características que dificultam a aproximação entre a universidade e a sociedade. A estrutura da universidade, 'embarreada' por tantas muralhas levantadas em seu interior, impede muitas vezes o diálogo entre seus diversos especialistas, dificultando a busca conjunta de soluções para os problemas ambientais enfrentados pela sociedade brasileira.

Dentro dessa lógica que afasta homem e natureza, é provável que muitos cientistas brasileiros vejam as questões ambientais como separadas das demais e associem seu tratamento apenas à área das ciências naturais. Pode-se supor, portanto, que tal concepção fragmentada dificultaria a construção, por parte dos pesquisadores, de uma visão integrada dos problemas ambientais, e que isso também se refletiria em suas práticas profissionais.

## HIPÓTESES E METODOLOGIA

Partindo da compartimentação constatada no universo acadêmico brasileiro, o estudo teve como um de seus objetivos investigar, através do discurso de pesquisadores ambientais, como vem ocorrendo a pesquisa na área ambiental. Uma das hipóteses adotadas foi a de que raramente o trabalho dos pesquisadores teria caráter interdisciplinar, o que indicaria a existência de grande distância entre as disciplinas de áreas distintas – exatas, sociais e naturais.

Tal divisão da ciência em diferentes áreas levaria à formação de especialistas que utilizariam códigos e linguagens específicas de suas disciplinas. Com isso,

o diálogo entre as diversas áreas se tornaria muito difícil, comprometendo a qualidade das pesquisas ambientais. Muitas vezes, então, tais pesquisas não dariam conta da relação entre sociedade e natureza de forma aprofundada e abrangente.

O Rio de Janeiro foi o local escolhido para o estudo por ser um dos principais centros de formação de opinião e de informação do país. Nesse estado existem grandes universidades que lan-

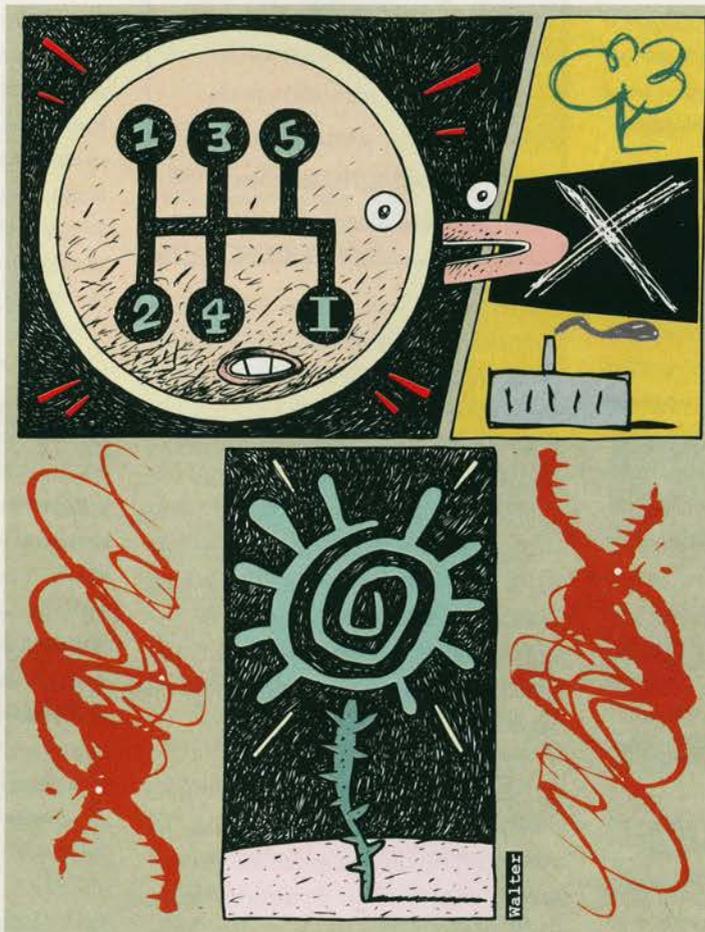
e um de ciências naturais.

Tais sujeitos foram escolhidos com base em suas atividades acadêmicas: todos são professores, pesquisadores e orientadores em cursos de pós-graduação (especialização, mestrado e doutorado) na área de meio ambiente. Já as universidades públicas foram escolhidas por serem as principais formadoras de pessoal na área ambiental no Rio de Janeiro. Existem, nessas instituições, inúmeros cursos de pós-graduação relacionados à área de meio ambiente.

A metodologia empregada no estudo foi a técnica de análise de discurso baseada no modelo utilizado por Maria Lúcia Rocha-Coutinho (orientadora da pesquisa). Essa técnica tem como objetivo inferir, da fala dos sujeitos, os sistemas ideológicos subjacentes ao seu discurso. Pressupõe-se, portanto, a impossibilidade de dissociar linguagem e ideologia: mesmo ao aparentar neutralidade, o discurso está transmitindo e preservando atitudes e valores raramente articulados de forma explícita. Assim, muitas mensagens transmitidas estão cheias de significações implícitas, situadas além das intenções – pelo menos conscientes – de quem está falando.

## AS ENTREVISTAS

Durante as entrevistas com os pesquisadores, a compartimentação do saber e a importância da interdisciplinaridade na pesquisa ambiental estavam entre as principais questões abordadas. Quase todos os entrevistados ressaltaram a relevância desta última para o tratamento dos problemas ambientais. Isso indica que a maioria dos pesquisadores não



acredita que qualquer área da ciência, isolada, possa abarcar de forma eficaz a questão ambiental, como demonstram as falas abaixo:

(...) *Eu acho que é uma questão interdisciplinar, as ciências não podem ficar encasteladas, elas têm que se relacionar, se inter-relacionar, pra que efetivamente se chegue a uma solução (...)* **(advogada)**

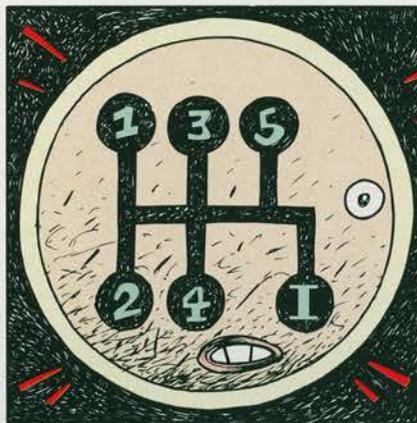
(...) *Eu acho que há de fato uma necessidade de convocação de todos nessa troca de conhecimentos, até porque a gente não trabalha com a verdade, né? Ciência não é verdade! Ciência é uma forma de ler a realidade (...)* **(biólogo)**

(...) *Os problemas tomaram um vulto tamanho em todas as direções do nosso conhecimento fragmentado, pretérito, né, que as pessoas resolveram relaxar e conceber que ninguém mais pode ficar trancado em sodomas, em torres maravilhosas do seu conhecimento (...)* **(geógrafo)**

Embora a grande maioria dos pesquisadores acredite que a interdisciplinaridade é o caminho mais adequado para tratar questões ambientais, muitos frisaram as dificuldades encontradas na prática, em experiências com projetos que envolviam várias disciplinas. As entrevistas apontaram também a dificuldade de relacionamento e de diálogo entre os próprios pesquisadores:

(...) *Eu não conheci assim nenhum projeto desse que começasse e tivesse um relatório no final (...) infelizmente é assim (...) pela dificuldade de relacionamento dos próprios cientistas (...) esse relacionamento dele, pessoa com pessoa, é muito difícil, é... dentro da universidade é muito difícil (...)* **(engenheiro químico)**

(...) *Eu tentei e fiz projeto interdisciplinar (...) e vi na pele o que que é sentar numa mesa com especialistas de áreas*



**O exercício da interdisciplinaridade pode ser considerado o grande desafio para os pesquisadores ambientais.**

*diferentes (...) é intrínseco à formação das pessoas achar que a física é melhor que a engenharia, a engenharia achar que é melhor que a sociologia e a sociologia é melhor que todas, a economia é o máximo hoje.* **(filósofo)**

As duas próximas falas indicam que esses pesquisadores acham que para instituir a prática interdisciplinar no tratamento das questões ambientais é preciso uma mudança prévia "da estrutura organizacional da universidade":

(...) *Eu penso que deveria haver uma mudança dentro da universidade, da estrutura organizacional da universidade, essa história de departamento, ela é cheia de fronteiras rígidas e impeditivas na questão do debate, da conversa, né?* **(educadora)**

(...) *Eu acho que nós precisaríamos antes mudar a cultura institucional por um processo tal que talvez passasse por uma reengenharia, prá mexer antes nas estruturas de poder (...) então eu vejo que tem que haver uma reengenharia do poder universitário (...)* **(filósofo)**

Outros fatores são apontados como obstáculos à disseminação da prática interdisciplinar na universidade e no tratamento das questões ambientais. Entre os entraves citados estão a falta de cooperativismo e de diálogo entre os profissionais da universidade, a especialização em áreas (que dificulta uma visão integrada do objeto de estudo), a luta pelo poder e a vaidade pessoal dos cientistas, como se pode observar nas falas a seguir:

(...) *O aspecto também de nós sermos especialistas em áreas, certo (...) nós somos muito pouco cooperativos, nós somos muito darwinistas (...)* *Como é que então o camarada vai construir uma nova visão no século XXI assim, né, quer dizer, limitado a que? A só ver pedra, só ver árvore, só ver biótipo, só ver fenótipo? Não é possível!* **(filósofo)**

(...) *Você tem na universidade seus feudos, né. Minha universidade, meus equipamentos, isso tudo (...). Eu acho que essa integração dificilmente dá... se dá, principalmente porque nós, professores, eu acho que nós somos muito vaidosos (riso) nesse problema de integração, né, é, muitas vezes as brigas na universidade, quando você vê, é pelo poder, né, é o título (...)* **(engenheiro químico)**

(...) *Há também problemas de vaidades, de igrejinhas, de temores de ser invadidos, né (...)* **(economista)**

(...) *O que eu percebo claramente foi uma luta pelo poder de alguns grupos, pelo domínio da coisa, eles ficam muito mais preocupados com quem vai dominar a questão ambiental (...) do que pelas questões mais importantes propriamente ditas, né? Tipo vamos interagir, vamos trabalhar (...)* **(biólogo)**

Justamente por conhecerem esses obstáculos, alguns pesquisadores acre-

ditam que as questões ambientais são tratadas muito mais em nível de bandeiras pessoais do que em nível de projetos institucionais, de caráter interdisciplinar:

*(...) Não, nada é institucional, o negócio é entre pessoas, entre profissionais, entre pesquisadores (...) porque também existe a tal da política, né, por trás dos departamentos, dentro dos departamentos, é muito complicado isso (...)* (geógrafa)

*(...) uma universidade não é feita por departamentos, isso é um grande problema, uma universidade é feita por pessoas, não adianta (...)* (biólogo)

## CONCLUSÕES

A análise dessas falas permite perceber que a pesquisa ambiental ainda não tem caráter interdisciplinar, embora a maioria dos pesquisadores defenda a importância desse modelo de trabalho para a área de meio ambiente. Mesmo acreditando que todas as áreas da ciência são responsáveis pelo tratamento da questão ambiental, raros foram os entrevistados que admitiram estar participando ou já ter participado de projetos ambientais interdepartamentais. As falas, portanto, confirmaram o caráter compartimentado da pesquisa universitária.

Diante desse resultado, o exercício da interdisciplinaridade pode ser considerado o grande desafio para os pesquisadores ambientais. As linguagens específicas e especializadas das disciplinas tradicionais e a dificuldade de estabelecer relações interpessoais vêm dificultando a construção de um diálogo entre as diferentes áreas da ciência. Um passo importante para superar tantas dificuldades seria a incorporação da dimensão ambiental em todas as áreas do conhecimento. Se uma questão transcende a área de conhecimento à qual o pesquisador está vinculado, as possibilidades de atuação mais abrangente se multiplicam.



**Para atingir a perspectiva interdisciplinar será preciso modificar a formação dos professores-pesquisadores.**

Para enfrentar o desafio da interdisciplinaridade, a pesquisa ambiental precisará obedecer a novo paradigma científico, apoiado na superação da excessiva especialização da ciência e, para isso, terá de ser construído sob uma ótica não-dicotômica. Temos que aprender a ver a realidade sob um prisma diferente. Segundo o físico Fritjof Capra, professor em Berkeley (Estados Unidos), a nova visão deve estar baseada no entendimento “do estado de inter-relação e interdependência de todos os fenômenos: físicos, biológicos, psicológicos, sociais e culturais”. Esse olhar deve transcender às fronteiras das disciplinas, resultando em novas formas de pensar e agir, calcadas na visão integradora da realidade que surge a partir de uma concepção sistêmica da vida.

Um dos principais aspectos da pesquisa interdisciplinar, de acordo com o educador brasileiro Hilton Japiassu, é a superação do dualismo – ainda presente – entre a pesquisa básica e a pesquisa aplicada, instaurando um processo de investigação científica que seja ao mesmo tempo teórico e prático. Entretanto, para que a perspectiva interdisci-

plinar possa ser atingida, será necessário modificar profundamente os hábitos pedagógicos. Assim, a formação de futuros mestres parece ser a ‘viga mestra’ do novo edifício do saber.

Nessa circunstância, merece destaque o papel que os professores-pesquisadores, sujeitos deste estudo, desempenham em nossa sociedade. Por serem os formadores dos mestres e profissionais do futuro, eles têm nas mãos a grande responsabilidade de construir aquela ‘viga mestra’. Portanto, a análise das idéias contidas em seus discursos, enfatizando os consensos e chamando atenção para as contradições e obstáculos que dificultam as trocas e interações (reflexos de dicotomias profundamente arraigadas em nosso imaginário), também contribui para o redirecionamento do olhar científico.

A batalha contra a fragmentação do ensino exige que os pesquisadores ambientais se conscientizem, com urgência, do potencial transformador de seu trabalho. Só assim eles – e todos os outros profissionais do saber – serão capazes de interagir, tanto dentro do mundo acadêmico quanto com o meio social, através de questionamentos e de ações transformadoras, e demonstrar que têm consciência de sua importante missão na construção desse novo edifício do saber.

## Sugestões para leitura:

- GUATTARI, F. ‘Fundamentos ético-políticos da interdisciplinaridade’, em *Tempo Brasileiro*, nº 108 (pp. 19-25), 1992.
- SERRÃO, M.A. *Da lógica dicotomizante à busca de novos paradigmas: o discurso de pesquisadores ambientais do Rio de Janeiro* (dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.
- SILVA, L. E. P. C. ‘A universidade no terceiro milênio: desafios, missão e novos paradigmas numa perspectiva planetária’ in *Propostas para uma universidade no terceiro milênio*, Fundação Universitária José Bonifácio, Rio de Janeiro, 1991.

# FUNBIO

## UM PEQUENO GRANDE FUNDO

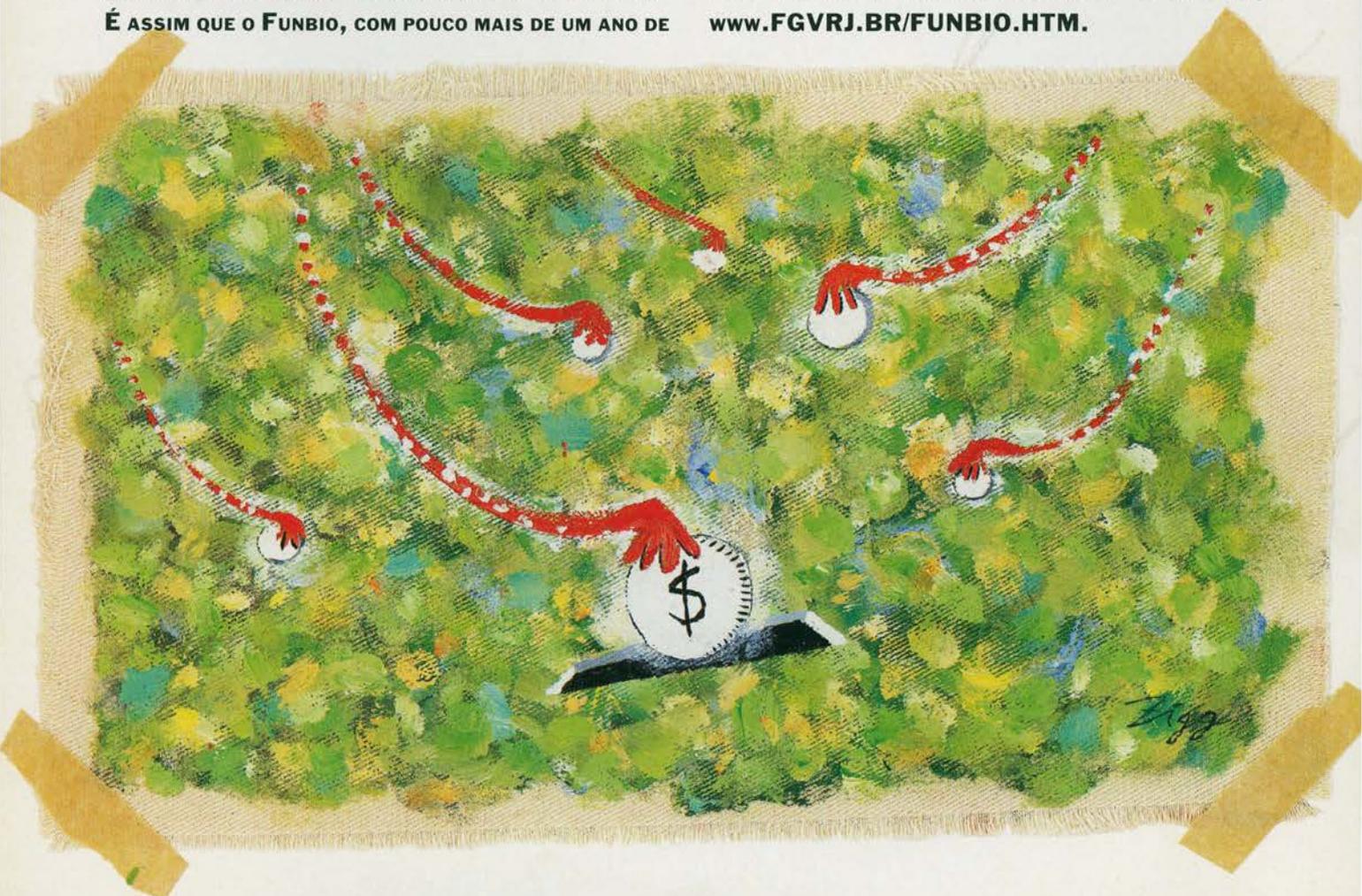
Vinte milhões de dólares para a biodiversidade

MARIA IGNEZ DUQUE ESTRADA

CIÊNCIA HOJE, RIO DE JANEIRO.

NADA MENOS DE 1.090 PROPOSTAS DE CANDIDATOS A FINANCIAMENTO CHEGARAM AO FUNBIO (FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE) ATÉ FINAL DE FEVEREIRO, QUANDO TERMINOU O PRAZO PARA INSCRIÇÃO DE PROJETOS. UMA PRÉ-SELEÇÃO ESCOLHEU 69 CONCORRENTES, QUE APRESENTARAM PROJETOS DETALHADOS ATÉ FINAL DE ABRIL. AGORA ESTÁ SENDO FEITA A SELEÇÃO FINAL, DENTRO DO LIMITE DOS RECURSOS PARA ESTE ANO, QUE TOTALIZAM US\$ 2,4 MILHÕES. OS FINALISTAS SERÃO CONTRATADOS EM JULHO, DEVENDO COMEÇAR A DESENVOLVER SEUS TRABALHOS EM AGOSTO. É ASSIM QUE O FUNBIO, COM POUCO MAIS DE UM ANO DE

EXISTÊNCIA, QUER FUNCIONAR: CUMPRINDO ETAPAS COM O MÁXIMO DE RIGOR E O MÍNIMO DE BUROCRACIA, PARA PODER APLICAR COM EFICIÊNCIA SEUS RECURSOS NA CONCRETIZAÇÃO DE PROJETOS DE CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL DA BIODIVERSIDADE NO BRASIL. PARA ISSO, COMO UMA VERDADEIRA ENTIDADE DE PRIMEIRO MUNDO, SUA SECRETARIA EXECUTIVA, NO RIO DE JANEIRO, TEM APENAS QUATRO FUNCIONÁRIOS E OCUPA UM ESPAÇO MÍNIMO, PORÉM FUNCIONAL E DOTADO DE REQUISITOS INDISPENSÁVEIS, INCLUSIVE UMA HOMEPAGE, QUE PODE SER ACESSADA PELA INTERNET NO ENDEREÇO [WWW.FGVRJ.BR/FUNBIO.HTM](http://WWW.FGVRJ.BR/FUNBIO.HTM).



## PREOCUPAÇÃO GLOBAL

A origem do Funbio é anterior à Eco-92: vem do final da década de 80, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu a Agenda Ambiental Global, identificando quatro grupos de problemas que afetam todo o planeta: mudanças climáticas (especialmente o efeito estufa), destruição da camada de ozônio, poluição dos oceanos com prejuízo para os recursos do mar, e ações que ameaçam a biodiversidade.

Preocupados com a dimensão dessas questões ambientais, os países ricos decidiram, em 1991, criar um mecanismo internacional para financiar as ações prioritárias para o meio ambiente, o Fundo para o Meio Ambiente Mundial (*Global Environmental Fund*, ou GEF), com uma doação de US\$ 1,5 bilhão de dólares, gerenciada pelo Banco Mundial. Dessa doação, US\$ 10 milhões foram destinados ao governo brasileiro, para serem aplicados através do Probanio, no fomento a projetos que contribuam para a preservação da biodiversidade, e US\$ 20 milhões constituem o Funbio que, após os primeiros meses destinados a se organizar administrativamente, passa agora à segunda etapa, a das aplicações concretas.

– O Conselho Deliberativo do Funbio foi criado em outubro de 1995 – explica o diretor executivo Pedro Leitão, que, após concurso, tomou posse em abril do ano passado. É formado por quatro representantes do setor privado, quatro do meio acadêmico, quatro de organizações não governamentais e dois do governo.

Os membros iniciais do Conselho foram selecionados pelo Ministério do Meio Ambiente e pela Fundação Getúlio Vargas, após consultas aos diferentes setores representados. Por motivos de ordem técnica, o Fundo está alojado na Fundação Getúlio Vargas, que tem o papel de instituição hospedeira. Através de concorrência internacional, o Banco Rotschild, sediado na Inglaterra, tornou-se responsável pelos investimentos que garantem a continuidade dos recursos e uma concorrência nacional indicou a firma Price Waterhouse para os serviços de auditoria.

Além desses mecanismos de controle, outra característica que distingue o Funbio das entidades governamentais e das ONGs é que o fundo quer financiar projetos de US\$ 200 mil a US\$ 1 milhão, enquanto o Fundo Nacional de Meio Ambiente, por exemplo, só financia até US\$ 150 mil. Este foi um dos motivos da grande quantidade de projetos recebida.

Confiante nos resultados, o diretor Pedro Leitão observa que muitos desses projetos contribuirão para desenvolver comunidades agrícolas, dado importante num momento em que as ações pela reforma agrária são vistas como prioridade.

Sua confiança, porém, não exclui alguma preocupação com a ausência de orientação governamental para a consideração das questões relativas ao meio ambiente: A Comissão Interministerial para Desenvolvimento Sustentável nunca foi instalada – reclama. A falta dessa política ambiental acaba resultando em casos como o da Vale do Rio Doce, que foi privatizada sem que o destino de suas reservas florestais ficasse definido.



**OS PROJETOS CONTRIBUIRÃO  
PARA DESENVOLVER COMUNIDADES  
AGRÍCOLAS, DADO IMPORTANTE  
NO MOMENTO EM QUE  
AÇÕES PELA REFORMA  
AGRÁRIA SÃO VISTAS COMO  
PRIORIDADE.**

## CANDIDATOS E CRITÉRIOS

Podem receber apoio do Funbio empresas e entidades públicas, organizações privadas com ou sem fins lucrativos (com critérios diferenciados), cooperativas e associações legalmente constituídas, con-

sórcios entre empresas públicas e privadas, com projetos voltados para conservação da biodiversidade (especialmente iniciativas de longo prazo); uso sustentável da biodiversidade associado a atividades produtivas, que envolvam a participação da comunidade local na sua concepção e execução; desenvolvimento de pesquisa aplicada cujos resultados possam contribuir para conservação e uso sustentável da biodiversidade; análises ou estudos de políticas e medidas de conservação da biodiversidade e seu uso sustentável.

Os beneficiários do Fundo devem oferecer uma contrapartida para custeio de seus projetos, na proporção de 25% dos recursos recebidos. Essa contrapartida pode ser em dinheiro, em material, recursos humanos ou outros que possam ser mensurados economicamente. A próxima chamada para propostas será feita no início de 1998.

## RECURSOS INTERNACIONAIS PARA MEIO AMBIENTE

O Funbio é o primeiro mecanismo financeiro significativo criado no Brasil especificamente para apoiar, com estrutura verdadeira de fundo privado, iniciativas de conservação e uso sustentado de diversidade biológica. O país tem outras fontes de financiamento, como o Fundo Nacional para o Meio Ambiente, que, apesar do nome, não dispõe de instrumentos de sustentabilidade inerentes à figura de um *trust fund*. No caso do Funbio, busca-se preservar os recursos originais, administrados profissionalmente por agente financeiro independente, reservando-se o resultado das aplicações para investimentos nos projetos para os quais foi criado. Um dos dois grandes subprogramas do Projeto de Biodiversidade do Brasil, aprovado pelo Fundo para o Meio Ambiente Mundial (*Global Environmental Facility* – GEF) em 1991, o Funbio demorou quase cinco anos para ser implementado. Contando com doação inicial do GEF de US\$10 milhões, através do Banco Mundial, o Funbio poderá crescer na medida em que capte recursos adicionais de outras fontes, sobretudo do setor privado. O horizonte teórico do Funbio é de 15 anos, a partir de projeção mais pessimista de ingressos adicionais de montante reduzido.

Seu Conselho Deliberativo autônomo é composto por representantes dos setores acadêmico, governamental, ambientalista, da própria FGV, e, ainda mais significativo, por expoentes do empresariado nacional. É o primeiro, entre as dezenas de fundos para o meio ambiente criados em vários países nos últimos anos, com recursos do GEF e de outros mecanismos multilaterais e bilaterais de fomento, a privilegiar explicitamente a participação do setor privado. Essa nova dimensão faz do Funbio um experimento instigante e desafiador. Por outro lado, se o empresariado nacional continuar a desempenhar papel apenas marginal nas questões ligadas à biodiversidade no Brasil, o Funbio terá fracassado em um dos seus principais objetivos.

O primeiro edital de chamada de projetos, para o período 1996/1997, foi estruturado ao longo de cinco janelas específicas de fomento: Manejo Sustentável de Florestas Naturais, Conservação de Ecossistemas Naturais em Propriedades Privadas, Manejo Sustentado de Recursos Pesqueiros, Agricultura e Biodiversidade, e Gestão de Unidades Públicas de Conservação. De acordo com os estatutos do Funbio, as atividades a serem apoiadas deveriam estar ainda em consonância com o disposto na Convenção sobre Diversidade Biológica e no Programa Nacional da Diversidade Biológica (Pronabio), este último

sob a responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente. As chamadas específicas foram definidas através de consulta, agregando o Conselho Deliberativo e especialistas das diversas áreas.

A principal incerteza dos dirigentes do Funbio e das entidades doadoras estava relacionada à existência ou não de uma demanda qualificada no Brasil na área de conservação e uso sustentável de biodiversidade, já que o fundo tem como meta demonstrar a viabilidade de novos modelos que conciliem ambos os objetivos, e que possam resultar na melhoria das condições de vida das comunidades envolvidas com os projetos a serem apoiados. Surpreendentemente, o Funbio recebeu quase 1.100 pré-propostas como resultado do edital inaugural, em parte resultado da mais bem conduzida chamada para projetos na área de meio ambiente já realizada no Brasil. Embora a análise tenha indicado que cerca da metade dos projetos não se enquadravam nos objetivos da chamada, ou nos requisitos mínimos de mérito, o resultado geral foi extremamente alentador.

Infelizmente, a capacidade de investimento do Funbio ainda é bastante limitada. Os US\$2.400.000 disponíveis para o período 96/97 representam só 1% da demanda apresentada por organizações e grupos distribuídos em todas as regiões do país, em grande parte dispostos e aptos a contribuir para a conservação do patrimônio biológico do Brasil, considerado o mais rico em todo o mundo e, ao mesmo tempo, dos mais ameaçados. Portanto, o Funbio poderá apenas arranhar a superfície do elenco de ações com potencial para serem desenvolvidas com sucesso.

Os recursos anuais do Funbio são equivalentes a cerca de 20% do montante médio aplicado em projetos de biodiversidade no Brasil nos últimos 12 anos por todas as entidades financiadoras (incluindo governos, organismos multilaterais, fundações privadas, ONGs), de acordo com dados produzidos pelo Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Nesse cenário, o Funbio contribui significativamente para o incremento da capacidade de investimento em conservação de biodiversidade. O desafio agora é fazê-lo crescer. Desse esforço devem fazer parte não só os setores nele representados, em especial o setor privado, mas também as agências internacionais de fomento, como o próprio GEF e o Banco Mundial.

### GUSTAVO A. B. DA FONSECA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG.  
DIRETOR DA CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL E  
VICE-PRESIDENTE DO CONSELHO DELIBERATIVO DO FUNBIO.



[eles]



[nós]

***Dialdata Systems. O provedor de acesso internet mais confiável do país.***

*Dialdata é o provedor de acessos, informações e serviços on-line mais dinâmico do Brasil, e que pode ser acessado de qualquer lugar do mundo, graças ao sistema ipass. Só na Dialdata você pode fazer negócios on-line com total segurança, no primeiro site seguro do país. Conheça nossas soluções para a conexão de sua rede com a internet. Dialdata: o melhor lugar para colocar a home page da sua empresa.*



**Dialdata Systems**  
R. Bandeira Paulista, 716 - 1º andar  
Tel.: 829-4731 Fax: 822-4588  
[marketing@dialdata.com.br](mailto:marketing@dialdata.com.br)  
<http://www.dialdata.com.br>



# DESMATAMENTO

---

# MUDA CLIMA

---

# DA AMAZÔNIA

---

**Carlos A. Nobre**

*Centro de Previsão do Tempo  
e Estudos Climáticos,  
Instituto Nacional  
de Pesquisas Espaciais.*

**John Gash**

*Institute of Hydrology  
(Grã-Bretanha).*

O DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA, SEGUNDO PREVISÕES LANÇADAS HÁ POUCOS ANOS POR ORGANISMOS INTERNACIONAIS, PROVOCARIA DRÁSTICAS ALTERAÇÕES NO CLIMA MUNDIAL. MAS ESSAS PREVISÕES, CALCULADAS POR MODELOS COMPUTACIONAIS QUE SIMULAM COMO O SOLO E A VEGETAÇÃO INTERAGEM COM A ATMOSFERA, ESTAVAM BASEADAS EM DADOS INADEQUADOS, POIS A FLORESTA TROPICAL AINDA É POUCO ESTUDADA E APRESENTA MISTÉRIOS QUE INTRIGAM OS PESQUISADORES. PARA SUPRIR ESSA LACUNA, CIENTISTAS BRASILEIROS E BRITÂNICOS CRIARAM O PROJETO ABRACOS, QUE DESDE 1990 REÚNE INFORMAÇÕES CIENTÍFICAS SOBRE CARACTERÍSTICAS DA FLORESTA AMAZÔNICA E DE ÁREAS DESMATADAS DA REGIÃO. OS RESULTADOS DO PROJETO TORNARÃO MAIS CONFIÁVEIS OS MODELOS CLIMÁTICOS E PERMITIRÃO AVALIAR COM MAIOR CLAREZA OS EFEITOS DO DESMATAMENTO.

CITADO A PARTIR DE FOTO DE CLAUDIUS MAYER

**AO SUBSTITUIR** as florestas por pastagens ou culturas agrícolas, o desmatamento modifica as interações físicas e químicas entre o solo, a vegetação e a atmosfera. Isso significa que a derrubada, quando atinge grandes extensões, pode provocar sensíveis mudanças nos sistemas de circulação atmosférica que compõem o clima. Mas é difícil prever como tais sistemas reagirão ao desmatamento, especialmente se a área em estudo é a maior floresta tropical úmida do planeta – a Amazônia –, que há 20 anos sofre altas taxas de destruição (figura 1).

Hoje, os únicos meios de investigar os efeitos de desmatamentos no clima são os chamados modelos de circulação geral (MCG) – representações matemáticas aproximadas da atmosfera e das suas interações com a superfície desenvolvidas em computadores de grande capacidade de cálculo. Tais modelos são usados comumente para a previsão do tempo (em escala global, regional ou local, levando em conta curtos períodos de tempo), mas podem, se aplicados em períodos maiores, simular o comportamento futuro da atmosfera. Comparando modelos desse tipo, calculados para superfície coberta por floresta e para superfície com pastagem (áreas desmatadas), é possível mostrar a sensibilidade do clima ao desmatamento e o impacto deste no ciclo hidrológico (de água) da região.

A floresta tropical, um dos mais importantes sistemas ecológicos do planeta, ainda é pouco estudada. Os cientistas admitem a contribuição essencial desse tipo de floresta para os balanços globais de água e carbono e sua participação nos recursos de espécies vegetais e animais do planeta, mas as dificuldades de trabalho no ambiente florestal ainda limitam as pesquisas.

Nos últimos 10 anos, os efeitos de desmatamentos na floresta amazônica têm sido ativamente estudados através dos MCG, mas as previsões dependem de dados básicos sobre as interações solo-vegetação-atmosfera. Assim, é preciso conhecer a fundo os processos que ocorrem em cada um desses setores e as relações entre eles. Cada dado (radiação solar, trocas de água e energia, fluxos de carbono e outros) precisa ser medido separadamente e transformado nos parâmetros específicos usados em modelos climáticos. Medidas de evaporação e fluxo de calor sensível, por exemplo, são necessárias para determinar a quantidade de vapor d'água que volta à atmosfera e a energia disponível para esse retorno, parâmetros importantes nas simulações.

Os MCG usados até recentemente, inclusive no Brasil, foram desenvolvidos e calibrados com base em informações obtidas há bastante tempo sobre balanço de radiação, ciclo hidrológico, fisiologia

ANO	ACUMULADO	ANUAL
JAN./1978.....	152.200.....	–
ABR./1988.....	327.500.....	21.980* (MÉDIA)
AGO./1989.....	401.400.....	17.925**
AGO./1990.....	415.200.....	13.800
AGO./1991.....	426.400.....	11.200
AGO./1992.....	440.186.....	13.786
AGO./1994.....	469.978.....	14.896 (MÉDIA)

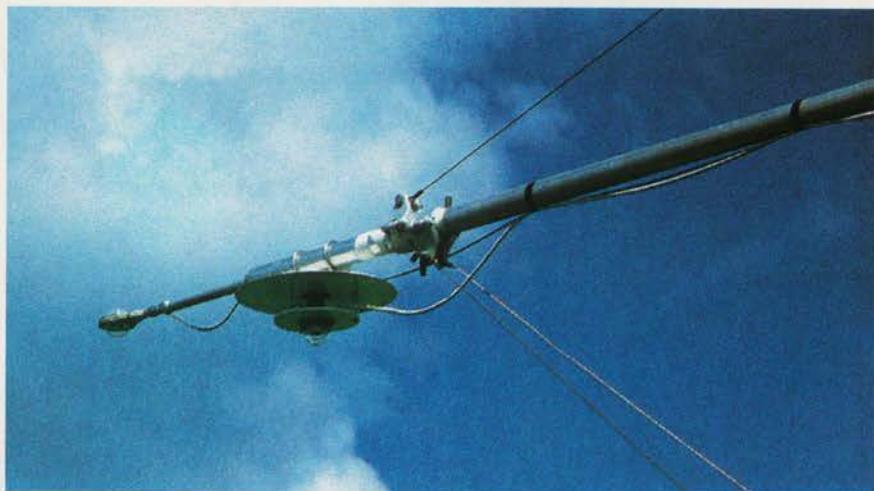
**Figura 1. Desflorestamento na Amazônia legal (acumulado e anual), com base em estudos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a partir de imagens obtidas por satélites de sensoriamento remoto. A média entre 1978 e 1988 (\*) e o valor entre 1988 e 1989 (\*\*) foram corrigidos, já que o levantamento não ocorreu no mesmo mês.**

vegetal etc. Nas últimas décadas, foi grande o aperfeiçoamento de tais modelos, mas sua eficácia depende de dados mais precisos sobre as interações entre solo, vegetação e atmosfera. A necessidade de atualizar os parâmetros desses modelos tornou-se urgente no final dos anos 80, levando à implantação do Estudo Anglo-Brasileiro de Observações do Clima da Amazônia, conhecido como projeto Abracos (sigla de *Anglo-Brazilian Climate Observations Study*).

O objetivo do projeto – financiado pela Agência de Desenvolvimento Exterior (Reino Unido), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) – é melhorar a capacidade de prever como as mudanças causadas pelo crescente desmatamento da Amazônia afetam o clima regional e mundial. Para isso, dezenas de pesquisadores brasileiros e britânicos ajudam a elucidar as complexas interações do ecossistema amazônico, trabalhando em três sítios experimentais (figura 2): Ma-



**Figura 2. Localização dos sítios experimentais do projeto Abracos. A área em verde representa a área recoberta por floresta tropical úmida.**



**Figura 3. A radiação solar refletida foi medida continuamente, com solarímetros invertidos, sobre áreas de floresta e pastagem.**

naus, na Amazônia Central (onde os estudos envolvem a reserva florestal Duque e fazendas de gado próximas); Marabá, perto da margem leste da floresta (reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce e fazendas); e Ji-Paraná, junto à margem sudoeste da floresta (reserva florestal Jaru e fazendas). Nos dois últimos, a estação seca é mais longa e mais severa que em Manaus, o que permite comparações de grande utilidade.

Os dados obtidos pelo projeto, desenvolvido entre setembro de 1990 e dezembro de 1996, e por campanhas intensivas de coleta (as principais ocorreram em Manaus, em setembro-outubro de 1990; em Marabá, em junho-setembro de 1991; e em Ji-Paraná, em agosto-setembro de 1992, julho-dezembro de 1993 e abril-agosto de 1994) permitem revalidar ou recalibrar os MCG e obter respostas mais corretas das simulações. Os benefícios plenos desse trabalho só serão conhecidos em alguns anos, quando os resultados forem inteiramente analisados e aplicados aos modelos climáticos. A coleta de dados, no entanto, revelou uma série de novos conhecimentos sobre as interações solo-vegetação-atmosfera para florestas e pastagens na Amazônia.

## BALANÇO DE RADIAÇÃO

O movimento atmosférico – e em consequência o clima – decorre em última análise da energia radiativa do Sol. Esta chega à superfície da Terra de modo direto, como radiação solar (luz), ou indireto, como radiação termal (calor), esta emitida por nuvens e por alguns gases atmosféricos – principalmente vapor d'água (H<sub>2</sub>O) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>). A superfície absorve parte da luz solar e reflete outra parte de volta para o espaço. Um percentual da parte absorvida é reemitido, agora como radiação termal, e o que sobra aquece a superfície e o ar logo acima dela, ou fornece energia para a evaporação (no solo e na vegetação). Como esses processos interferem no clima, diferenças no balanço de radiação – entre florestas e pastagens – implicam diferenças climáticas.

A radiação solar incidente e refletida foi medida nos três sítios experimentais (figura 3). Em média, as áreas cobertas por florestas absorveram 11% mais radiação que as cobertas por pastagem, basicamente porque a floresta reflete menos radiação solar e emite menos radiação termal. A luz é 'aprisionada' pelas múltiplas reflexões no dossel (a

alta e variada cobertura vegetal, com plantas de diferentes tamanhos). As pastagens refletem em média 18% da radiação solar, valor ligeiramente menor que o utilizado de modo geral nos modelos que simulam desmatamentos, enquanto nas florestas a reflexão atinge 13,4%, índice um pouco mais alto que o usado nas simulações (figura 4).

De forma surpreendente, foi observada pouca variação sazonal (entre as estações seca e chuvosa) na reflexão medida para as gramíneas das pastagens, enquanto nas áreas de floresta essa variação foi marcante (figura 5). As razões para isso ainda não estão claras, mas há uma relação entre as diferenças de reflexão nas estações do ano e a umidade do solo. Embora nas pastagens a mudança sazonal seja pequena, ocorrem variações de mês a mês, associadas à área foliar (área total das folhas).

Dado curioso foi registrado em Ji-Paraná, na estação seca: ocorreram diferenças sistemáticas na radiação solar incidente entre os sítios de floresta e de pastagem, que podem estar relacionadas ao aumento da nebulosidade sobre a pastagem naquela época do ano. Se confirmado por outros estudos, o resultado é importante, pois pode indicar efeito direto da mudança de cobertura vegetal na formação de nuvens, um fenômeno atmosférico de mesoescala (ou seja, na escala de dezenas a centenas de quilômetros).

## TEMPERATURA E UMIDADE

Durante o dia, as pastagens apresentaram – em relação às florestas – temperaturas máximas mais altas e variações de temperatura (entre máxima e mínima) também mais elevadas. À noite, o mínimo de temperatura foi em geral menor nas áreas de pastagem, provavelmente em função das baixas velocidades do vento próximo à superfície nessas áreas. A temperatura na área ur-

bana de Manaus foi sempre mais alta, durante o dia, que a das áreas rurais estudadas (fazenda Dimona e reserva Ducke), mas à noite os valores na cidade foram similares aos registrados sobre a floresta.

A variação sazonal de temperatura em Manaus e Marabá foi pequena, mas em Ji-Paraná, na estação seca, houve resfriamento considerável, associado a massas de ar frio vindas de zonas temperadas do hemisfério sul e decorrentes da passagem, nessa época, em áreas mais ao sul, das chamadas frentes frias. As incursões de ar frio no oeste da Amazônia, chamadas 'friagens', chegam em raras ocasiões a cruzar o Equador.

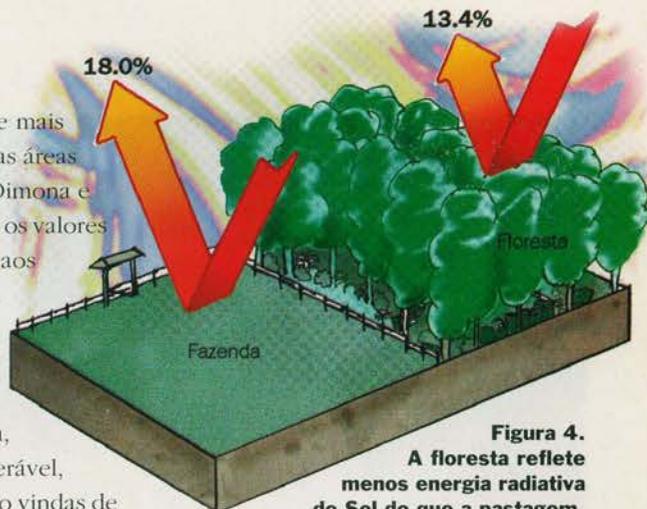
Um marcante ciclo anual de umidade foi notado em Ji-Paraná e Marabá, mas não em Manaus. Os valores mais baixos de umidade nos dois primeiros sítios, na época seca, estão associados à subsidência em grande escala (descida de massas de ar de camadas mais altas da atmosfera, que se aquecem por compressão). O fenômeno é comum em áreas próximas às fronteiras do domínio florestal, como Marabá e Ji-Paraná.

## A CHUVA NA FLORESTA

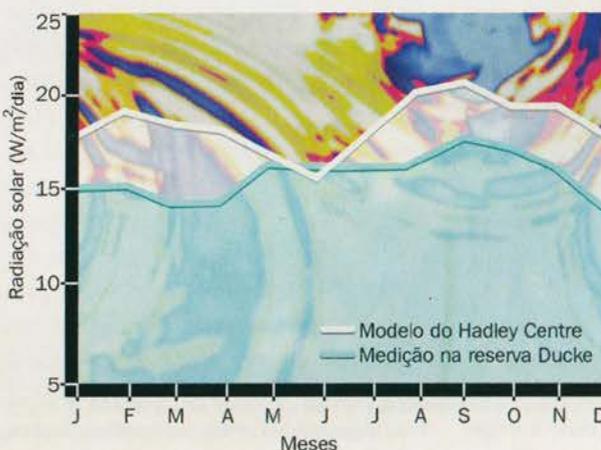
Ao cair sobre a floresta, a chuva é interceptada por folhas, galhos e troncos,

e uma parte dessa água evapora e retorna à atmosfera sem atingir o solo. Como as florestas têm muito maior rugosidade aerodinâmica (oferecem mais obstáculos às correntes de ar junto ao dossel) que as pastagens, a turbulência sobre as primeiras é maior e a água evaporada de um dossel úmido de floresta pode ser mais facilmente removida para a atmosfera, levando a altas taxas de evaporação.

A interceptação da água da chuva pela floresta foi medida nas reservas Jarú (Ji-Paraná) e Vale do Rio Doce (Marabá), com o mesmo método usado (de 1983 a 1985) na reserva Ducke (Manaus), para permitir a comparação. A evaporação direta de volta à atmosfera foi maior nos novos sítios: 12% em Ji-Paraná e 13% em Marabá, contra 9% em Manaus (figura 6). Como as pequenas diferenças observadas entre os três sítios estão dentro da margem de erro atribuída às medidas



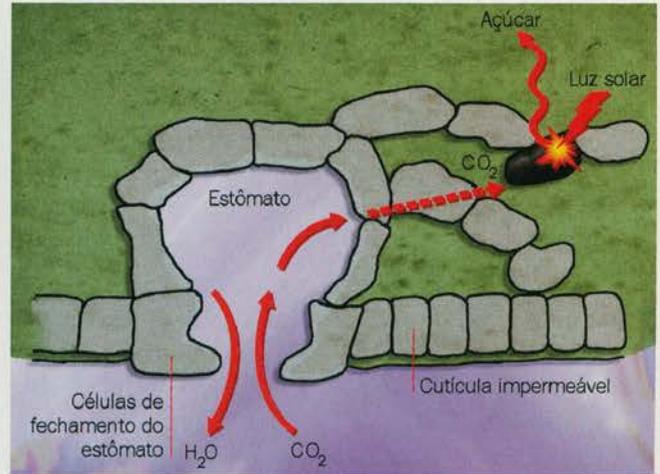
**Figura 4.**  
A floresta reflete menos energia radiativa do Sol do que a pastagem.



**Figura 5.** Comparação entre a radiação solar medida na reserva Ducke, em Manaus, e a calculada pelo modelo computacional do Hadley Centre, da Grã-Bretanha, em uma simulação do clima na Amazônia. O modelo reproduz bem a variação dessa radiação ao longo do ano, mas superestima sua magnitude.



**Figura 6.** Parte da chuva que cai sobre a floresta (de 9% a 13%) é interceptada pelo dossel e evapora rapidamente, retornando à atmosfera.



**Figura 7.** A transpiração é controlada pela abertura dos estômatos, situados na superfície das folhas. Representar corretamente o comportamento estomático é essencial para prever a evaporação da vegetação.

de interceptação, não é possível concluir que as perdas por interceptação nas reservas Jaru e Vale do Rio Doce foram maiores que as da reserva Ducke. Os valores, porém, mostraram-se consistentes com as diferenças observadas nas características florestais que controlam a evaporação: dossel mais fechado e maiores capacidades de armazenamento de água foram observados nas reservas Jaru e Vale, comparadas à reserva Ducke.

## TRANSPIRAÇÃO VEGETAL

Parte da água que atinge o solo é extraída pelas raízes das plantas e evaporada, ou transpirada, através de orifícios microscópicos – os estômatos – existentes nas folhas (figura 7). A água restante infiltra-se no solo até o lençol freático, de onde pode chegar a um rio, riacho ou igarapé. O projeto Abracos mediu a evaporação das plantas através da variação do conteúdo de água no solo, da perda de água nas folhas e do movimento do vapor d'água na camada de ar logo acima da vegetação. Tais medidas permitem construir modelos matemáticos, chamados modelos de condutância de superfície, que determinam como a vege-

tação controla a evaporação através da abertura dos estômatos.

Conhecendo a condutância de superfície com precisão, é possível prever o uso da água pelas plantas e os fluxos de vapor entre estas e a atmosfera, parâmetro crucial nos modelos de circulação geral. A condutância de superfície para a área vegetada total (condutância *bulk*) pode ser medida diretamente por métodos micrometeorológicos, mas para entender suas flutuações é preciso avaliar a condutância estomática de folhas individuais e sua reação a fatores que sofrem alterações diárias (como temperatura, umidade do ar, água no solo e radiação solar) e sazonais (como área foliar). Combinando condutância estomática e área foliar é possível obter a transpiração total da vegetação.

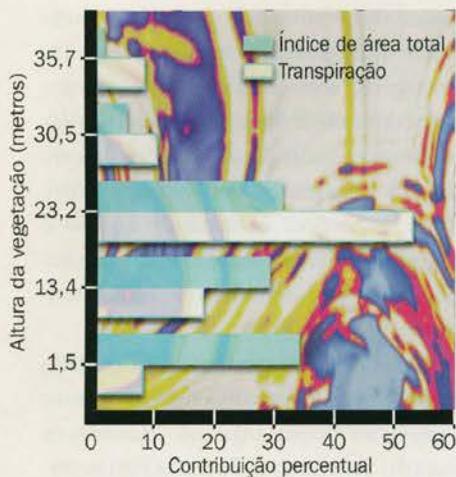
Em Ji-Paraná e Manaus, a condutância estomática das pastagens revelou estreita relação com o déficit de água no solo, mas isso não ocorreu em Marabá. No entanto, a área foliar nas pastagens também foi afetada pelo conteúdo de água no solo, variando até 50% durante o ano. Nas áreas de floresta, apesar das diferenças de composição botânica entre e dentro dos três sítios, as respostas fisiológicas das várias espécies foram

bastante similares. Em geral, a condutância não apresentou resposta à umidade do solo e houve reações semelhantes ao déficit de umidade do ar.

Concluiu-se que a condutância estomática de todas as plantas da floresta depende apenas da altura dentro do dossel (as mais altas apresentam valores maiores). Como não foi observada variação entre diferentes espécies de mesmo porte, os resultados dos estudos existentes sobre o comportamento estomático de espécies da floresta tropical podem ser extrapolados para toda a região amazônica.

Nas áreas de floresta, o índice de área foliar (metro quadrado de folhas por metro quadrado de superfície) foi obtido por amostragem destrutiva (em local próximo a Manaus) e pela medição de folhas caídas no solo (nos outros sítios). Esse índice foi estimado em 5,7 (Manaus), 5,4 (Marabá) e 4,4 (Ji-Paraná), com variação sazonal em torno de 15%, mas esses valores dependem da suposição – que ainda precisa ser investigada – de que as folhas têm vida média de um ano.

Embora o microclima e o nível de radiação sejam diferentes para cada profundidade do dossel, os dados obtidos permitiram elaborar um modelo para



**Figura 8. Distribuição do índice de área foliar das plantas da reserva Ducke, de acordo com sua altura, e contribuição das diferentes camadas de vegetação para a transpiração total da floresta.**

calcular a transpiração total da floresta. Os cálculos revelaram que a parte inferior do dossel, quase sempre sombreada, contribui relativamente pouco para a transpiração total. Embora essa parte contenha mais de 30% da área foliar total, as condutâncias estomáticas e os níveis de radiação são mais baixos que os de outras regiões do dossel.

Estudos da composição do vapor d'água (usando isótopos de oxigênio) mostraram que a parte inferior do dossel está 'separada' da parte intermediária – responsável, esta, pela contribuição máxima para a transpiração total (figura 8). A variação da composição isotópica de oxigênio também sugere que o comportamento fisiológico da vegetação mais baixa pode ser diferente do observado na mais alta. Isso significa que, para o dossel completo da floresta tropical, o uso de apenas um valor para o índice de área foliar (como ocorre na maioria dos modelos preditivos) não representa adequadamente a situação real.

### FLUXOS DE ENERGIA E VAPOR

Nos seis anos de pesquisas de campo do projeto Abracos, foram realizadas

sete campanhas intensivas de monitoramento para avaliar os parâmetros físicos que descrevem a micrometeorologia dos sítios experimentais e fornecer estimativas de todos os componentes do balanço de energia. Um desses componentes é a evaporação, usada para calibrar modelos que calculam (para florestas e pastagens) a condutância estomática *bulk* a partir de dados climáticos registrados acima do dossel por estações automáticas.

A parcela de energia gasta para evaporar água foi similar, na estação chuvosa, na floresta e na pastagem, mas a evaporação total da pastagem foi menor (10% a 15%) que a da floresta. Essa diferença decorre da menor energia disponível na pastagem e de sua menor rugosidade aerodinâmica. Na estação seca, a redução das reservas de água no solo afetou todos os sítios de pastagem, mas em intensidades diferentes, em função do tipo de solo e do volume de chuvas. Em contraste, não houve atenuação significativa de transpiração nas áreas de floresta, inclusive nos períodos secos mais longos em Marabá e Ji-Paraná. Os atuais modelos climáticos para a floresta amazônica tendem a subestimar a profundidade das raízes, re-

duzindo – de modo incorreto – a evaporação quando ocorre déficit hídrico na parte superior do solo.

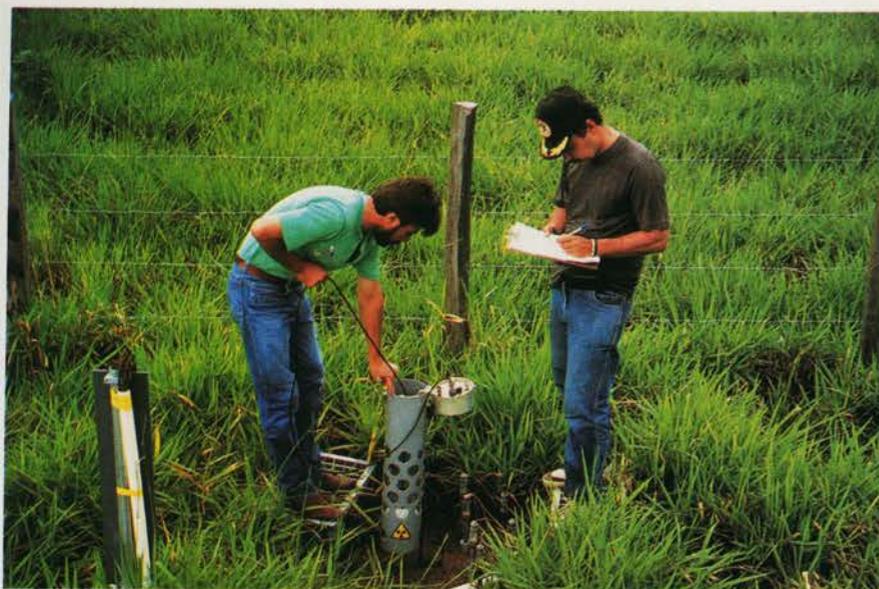
### A ÁGUA NO SOLO

Os cientistas que estudam a física dos solos ou trabalham com modelagem climática enfrentam um grande desafio: representar corretamente, em modelos de grande escala, as propriedades hidráulicas dos diferentes tipos de solo. Como o ciclo da água sob a superfície é muito variável, os valores médios usados em modelos elaborados para regiões amplas estão sujeitos a erros, pois representam áreas muito extensas. O projeto Abracos adotou uma simplificação pragmática dos mapas de solos amazônicos, fazendo medições semanais (figura 9) em pelo menos três tipos principais, mas isso foi suficiente para obter uma representação de solos mais realista que as antes empregadas.

Para estudar as características dos solos de áreas desmatadas, o projeto realizou medições em locais próximos a Manaus. Nas áreas de floresta, a condutividade hidráulica – permeabilidade à água – junto à superfície é tão alta, por



**Figura 9. Medição da variação da permeabilidade do solo à água em área de pastagem, na fazenda Dimona, perto de Manaus.**



**Figura 10.** Uma sonda de nêutrons foi utilizada para medir as mudanças no conteúdo de água no solo.

causa do sistema de raízes e da estrutura física do terreno (presença de macroporos), que supera a capacidade dos instrumentos de medida. Mas podem ocorrer mudanças se há desmatamento. Na floresta, raramente é visto escoamento superficial, mas em áreas desmatadas a infiltração pode ser reduzida pela compactação do solo, decorrente do pisoteio do gado ou do uso de maquinário agrícola pesado. Essa redução foi constatada em pastagem perto de Manaus.

Na pastagem, a condutividade hidráulica variou bastante com a profundidade, de mais de 100mm por hora à superfície até 17mm por hora a 1,3m (figura 10). Zonas de alta condutividade apresentaram número substancial de macro e mesoporos. O impacto do desmatamento é maior nos primeiros 20cm de profundidade: abaixo daí as propriedades dos solos, sob floresta e sob pastagem, são bastante similares, embora isso dependa do tipo de máquinas usadas e da quantidade de gado por hectare.

Diz-se com frequência que as árvores da floresta tropical têm raízes rasas, que formam um emaranhado perto da superfície. O emaranhado existe e tem a

função básica de extrair nutrientes da camada superficial do solo, mas tais árvores também possuem raízes profundas. Na estação seca, foi constatado que as plantas da floresta retiram água de várias camadas de solo (ao final da estação, os perfis de água obtidos ficaram mais secos, dentro da faixa de medições). Outros estudos confirmam esse resultado, indicando que a floresta extrai água de profundidades maiores que 3,6m (alcançe máximo dos aparelhos de medição), através de raízes muito finas encontradas a até 8m abaixo da superfície.

A afirmação é reforçada pelas variações máximas de armazenamento medidas (até 3,6m abaixo da superfície) nos sítios de Manaus e Marabá. Nesse último, tais variações chegaram a 742mm (para floresta) e 376mm (pastagem), valores condizentes com uma estação seca mais longa. Tanto as variações de armazenamento quanto a diferença do índice entre floresta e pastagem foram bem menores para Manaus, onde a estação seca é menos severa, mas nesse caso a baixa capacidade de retenção dos solos resultou na extração de água de profundidades maiores.

A floresta, portanto, tem acesso a um

maior reservatório de água, que pode durar muitos meses. As gramíneas das pastagens, com suas raízes mais rasas, só podem obter água de profundidades até 2m, dependendo do tipo de solo e do tamanho das raízes. Uma vez que toda a água disponível na faixa de acesso é extraída, durante a estação seca, a pastagem começa a definhir e eventualmente morre.

Um fato interessante foi observado em Marabá: a estação chuvosa que se seguiu ao déficit máximo (medido na estação seca, sob a floresta) não recarregou completamente o perfil de água no solo. O valor máximo alcançado ficou 349mm abaixo do registrado na mesma época do ano anterior. Isso significa que o balanço anual de água não foi nulo e que, se tais resultados fossem extrapolados para toda a região, a diferença entre volume de chuvas e vazão fluvial não indicaria corretamente a evaporação média anual. Embora incomum, o fato revela que estimativas de evaporação baseadas apenas em medições hidrológicas não devem ser usadas em modelos de grande escala.

As pesquisas mostraram que as variações do conteúdo de água no solo ao longo do ano apresentam grandes diferenças, tanto entre floresta e pastagem quanto entre os sítios experimentais do projeto. Esse resultado está associado aos variados regimes de chuvas, às propriedades do solo, ao comportamento do lençol freático e à profundidade das raízes da vegetação florestal e das gramíneas.

Combinando dados obtidos pelo projeto Abracos (de precipitação, de conteúdo de água no solo e micrometeorológicos), pesquisadores criaram um modelo matemático que calcula o armazenamento de água nos 2m superiores do solo, para floresta e pastagem, usando apenas volume diário de chuvas como dado de entrada. O modelo foi empregado para calcular o armazenamento de água no solo a partir da série histórica –

27 anos – de registros diários de precipitação na reserva Ducke, assumindo que a evaporação da floresta não é afetada pelo estresse hídrico do solo. Os resultados apontam que, em 20 dos 27 anos da série de registros, a floresta extraiu água de camadas abaixo de 2m. A extração média (nessa profundidade) foi de 60mm, com máximo de 231mm em 1967. Como a capacidade de retenção de água dos solos da região de Manaus é baixa, essa extração deve ocorrer em ampla faixa de solos profundos, o que exige raízes longas.

Ainda há muito a ser aprendido sobre as propriedades e o comportamento dos solos da floresta amazônica. É necessário medir as propriedades hidráulicas dos outros tipos de solos majoritários da Amazônia e também fazer medições a profundidades maiores que 4m, para conseguir um quadro completo do ciclo de água sob a superfície.

## O CICLO DO CARBONO

As plantas assimilam dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) durante a fotossíntese, quando

usam energia solar para sintetizar matéria vegetal, e liberam o gás através da respiração ou quando se decompõem. Os cientistas acreditavam que havia equilíbrio nessa troca, na floresta tropical virgem, embora não existissem medições confirmando ou desmentindo tal crença.

Estudos constataram que a biomassa vegetal, na pastagem, equivale a cerca de 2% da existente em uma mesma área de floresta virgem (figura 11). Isso significa que o desmatamento, como acontece na Amazônia, reduz drasticamente o estoque de carbono na vegetação. Esse carbono, na forma de  $\text{CO}_2$ , é liberado de modo rápido (nas queimadas) ou lento (na remoção e decomposição da madeira). Por sua vez, o aumento da concentração do gás na atmosfera contribui para o aquecimento global (ao intensificar o chamado efeito estufa) e afeta o clima.

Testes sobre a floresta da reserva Jaru, com a técnica denominada correlação de vórtices turbulentos (eddy correlation), mostraram que o fluxo de  $\text{CO}_2$  pode ser medido de forma confiável e contínua por longos períodos. Em 1995 e 1996, o projeto Abracos usou dois

modelos diferentes (baseados em dados climáticos coletados acima da floresta, em estação meteorológica automática) para avaliar esse fluxo. Ambos os modelos indicaram que a floresta era um sorvedouro significativo para carbono. Esse mesmo tipo de medida vem sendo realizado desde outubro de 1995 na reserva florestal de Cuieiras, 100km ao norte de Manaus, e os resultados reforçam a conclusão de que a floresta absorve carbono.

A extrapolação das estimativas obtidas no local para toda a área florestada – um exercício especulativo – indica que a Amazônia poderia estar absorvendo cerca de 500 milhões de toneladas de carbono por ano. O resultado contraria a tese do equilíbrio nas trocas do elemento. Mas o curto período de estudo, as limitações dos modelos climáticos e a constatação de que os dados básicos dos cálculos são diferentes em outras áreas da Amazônia impõem que esse valor seja visto com muita cautela e exigem maior coleta de informações, em todos os principais ecossistemas amazônicos e por períodos mais longos (avaliando a variação interanual).



**Figura 11.** A biomassa (madeira e folhas) foi medida, perto de Manaus, por amostragens destrutivas em pequena área de floresta e de pastagem. Na floresta, a biomassa atingiu 265 toneladas de matéria seca, da qual cerca de 50% é carbono, enquanto em área idêntica de pastagem chegou a apenas seis toneladas.

## LIBERAÇÃO DE CARBONO

QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS .....	5,5 - 6,0
QUEIMA DE BIOMASSA .....	ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED. 1,0 - 1,5	

## DISTRIBUIÇÃO DO CARBONO LIBERADO

DISTRIBUIÇÃO DO CARBONO LIBERADO

FRAÇÃO QUE PERMANECE NA ATMOSFERA .....	3,5
FRAÇÃO ABSORVIDA PELOS OCEANOS* E PELA VEGETAÇÃO** .....	ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED. 3,0 - 4,0	

\* OCEANOS ..... 50%

** VEGETAÇÃO ..... 50%	—	FLORESTAS DE ALTAS LATITUDES .....	50%
		FLORESTAS TROPICAIS .....	50%

**Figura 12. Valores atuais do balanço global de carbono (em bilhões de toneladas por ano).**

No entanto, valores mais recentes do balanço global de carbono em um ano indicam que metade da absorção pela vegetação mundial acontece nos trópicos (figura 12). É possível, portanto, que a Amazônia desempenhe papel importante, em parte por causa do crescimento da floresta secundária e da rebrota em áreas abandonadas. Estudos de sensoriamento remoto apontam que cerca de um terço da área desmatada na floresta amazônica brasileira está rebrotando. Isso deve significar uma absorção de 0,05 a 0,1 bilhão de toneladas de carbono por ano. Embora ainda seja um volume pequeno para fazer diferença no balanço global, é mais um elemento indireto para reforçar a hipótese de absorção pela floresta.

Conhecer as fontes e sorvedouros globais de carbono permite prever como o clima do planeta reagirá à contínua liberação desse elemento pela queima dos combustíveis fósseis. Nesse contexto, o papel das florestas tropicais – aumentar a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera (ao serem destruídas) ou arrefecer o processo (ao acumular carbono) – depende da intensidade futura dos desmatamentos.

## CAMADA LIMITE

A camada limite atmosférica é a mais próxima da superfície, que sofre a influência diária do aquecimento e resfriamento do solo. Normalmente, sua espessura varia de 1 a 3km, durante o dia, e é muito menor à noite. A ligação entre

os fluxos superficiais de vapor d'água e calor e a circulação geral da atmosfera é feita através dessa camada, o que torna importante a sua correta representação nos modelos que simulam o clima.

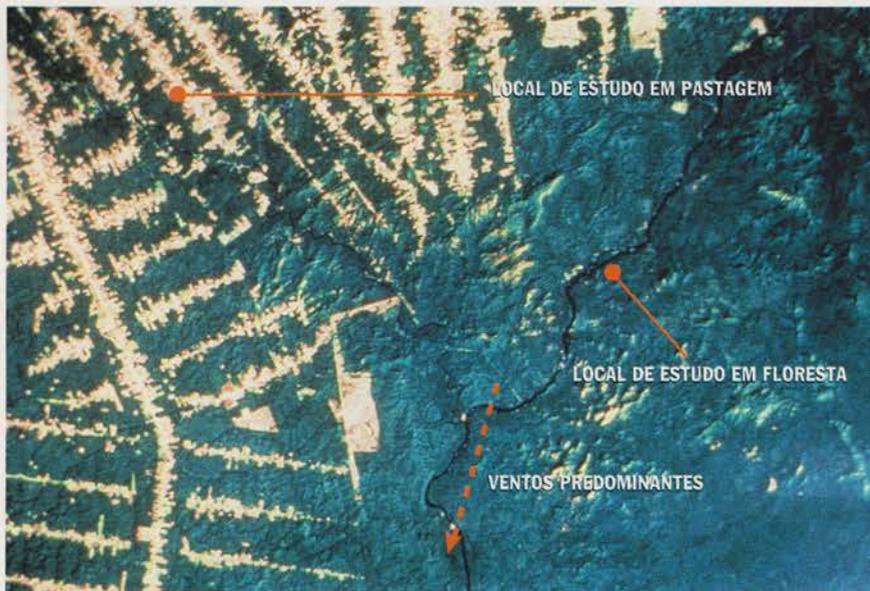
Estudos em Ji-Paraná – radiossondas e balões mediram temperatura, umidade e ventos a diferentes alturas (figura 13) – revelaram que a camada limite, durante o dia, foi mais alta (700m a 1.000m) sobre áreas desmatadas do que sobre áreas adjacentes com floresta. A descoberta combina com outros resultados obtidos para pastagem: maior fluxo de calor sensível na superfície e menor evaporação, em comparação com a floresta.

Os dados coletados nesses estudos permitiram testar modelos de crescimento da camada limite. Um modelo baseado em dados de calor sensível na superfície e de entranhamento no topo (mistura do ar mais úmido da camada limite com o ar mais seco de camadas superiores) representou bem esse crescimento durante todo o dia, sobre a floresta, mas apenas da metade da manhã para a frente, na área de pastagem. Nessa área, o modelo não previu a rápida expansão



**Figura 13. Radiossondas (à esquerda) e balões cativos foram utilizados para medir as propriedades atmosféricas. As primeiras alcançam até 15km de altitude, enquanto os balões podem fazer medições detalhadas até 1km.**

FOTOS PROJEITO ABRACOS



**Figura 14.** Imagem de satélite de área próxima a Ji-Paraná. Os locais de estudo do projeto Abracos estão indicados, e é possível visualizar o padrão 'espinha-de-peixe', com faixas alternadas de floresta e pastagem.

da camada antes das 11 horas da manhã. Uma explicação para a falha pode estar no tipo de cobertura vegetal existente naquela região de Rondônia (figura 14), com faixas desmatadas e faixas de floresta alternadas (tal padrão, conhecido como 'espinha de peixe', não estaria adequadamente representado no modelo testado).

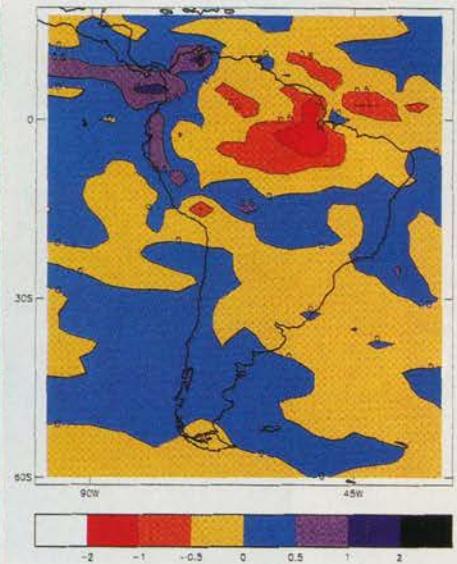
## EFEITOS DO DESMATAMENTO

Os dados coletados pelo projeto Abracos serviram para calibrar os modelos climáticos do Hadley Centre, da Grã-Bretanha, e do Serviço de Meteorologia da França, além do modelo de superfície vegetada usado no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), no Brasil, e em dois centros de pesquisa norte-americanos – o Goddard Space Flight Center (GSFC, da Nasa) e o Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA). Simulações dos efeitos do desmatamento foram realizadas com todos esses modelos.

Os resultados mais recentes dessas

simulações indicam que haveria uma resposta substancial ao desmatamento. O clima amazônico ficaria mais quente e menos úmido. A redução do volume anual de chuvas poderia chegar até a 20%, caso toda a floresta amazônica fosse substituída por pastagens (figura 15). Verificou-se ainda que o resultado de uma simulação na qual apenas parte da Amazônia seria desmatada – cenário mais realista – não poderia ser deduzido facilmente da experiência de desmatamento total. Isso indica que as previsões dos MCG são bastante sensíveis à representação das características da superfície vegetada. Portanto, é essencial que estas sejam representadas corretamente.

É interessante ressaltar que as alterações de temperatura e de umidade previstas para a Amazônia nas simulações de desmatamento são tão amplas quanto as esperadas para a região caso seja duplicada a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> (pela queima de combustíveis fósseis e outros fatores). Isso mostra que o impacto – sobre a região – de modificações em sua cobertura vegetal é pelo



**Figura 15.** Variação anual de chuvas (em milímetros por dia) prevista pelo modelo climático do Hadley Centre para a Amazônia se toda a floresta fosse substituída por pastagens.

menos tão importante quanto os potenciais efeitos regionais do aquecimento global.

A prioridade, agora, é aplicar a enorme quantidade e variedade de dados coletados pelo projeto Abracos no desenvolvimento, calibração ou validação de modelos climáticos. As informações já serviram para redefinir alguns parâmetros usados nesses modelos e estão disponíveis para toda a comunidade científica. Seu emprego trará uma melhora imediata no realismo dos estudos de modelagem do clima da Amazônia. E, mais do que isso, a maior compreensão de como os processos – no solo, nas plantas e na atmosfera – alteram-se quando a floresta é substituída por pastagem garantirá maior confiança na interpretação das previsões científicas sobre os reais efeitos do desmatamento.

### Sugestões para leitura:

GASH, J.; NOBRE, C.; ROBERTS, J. & VICTORIA, R. *Amazon deforestation and climate*, Wiley, Londres, 1996.

# EROSÃO

costeira

*a 'dança' das praias*



**Henri Dupont**

*Departamento de Geologia,  
Universidade Federal de Minas Gerais.*

**João Addad**

*Departamento de Geologia,  
Universidade Federal de Ouro Preto.*

**Em quase todo o mundo, a erosão causada pelas ondas do mar preocupa autoridades e habitantes das áreas costeiras, alarmados diante das especulações quanto à influência do 'efeito estufa' na elevação do nível dos oceanos. O fato é que, por razões diversas, muitas praias vêm sendo 'engolidas' pelo mar, que em alguns casos ameaça estradas, casas e até prédios construídos perto da orla marítima. Para impedir essa destruição, diferentes sistemas de contenção da força das ondas foram criados e continuam a ser aperfeiçoados. Quase sempre decorrente de ações humanas, a erosão marinha também ameaça as praias brasileiras, como revela estudo realizado entre o sul da Bahia e o norte do Espírito Santo.**



FOTOGRAFIA: H. GUILDFORD

**A** destruição, pela erosão marinha, de casas e avenidas construídas junto a praias arenosas é muito comentada nos últimos tempos. Em julho de 1995, por exemplo, os noticiários de televisão mostraram a situação catastrófica dos moradores das praias de São Miguel, ao norte da cidade de Ilhéus (Bahia), onde as ressacas invadiram a área habitada (figura 1). Curiosamente, é pouco mencionado o processo inverso – o alargamento da faixa litorânea em direção ao mar, denominado acresção –, como acontece no centro da mesma cidade (figura 2).

Por influência da mídia, a população acredita que uma das principais causas dessa erosão é a subida global do nível dos mares. Tal crença apóia-se na suposta intensificação do 'efeito estufa' pela queima de combustíveis fósseis, responsabilizada pela eventual elevação – em 0,5°C – da temperatura planetária nos últimos cem anos. Segundo essa hipótese, a alteração da temperatura teria aumentado o volume dos oceanos, por dilatação da água e fusão das geleiras, elevando em até 15cm o nível do mar em toda a Terra.

O aquecimento do planeta, os modelos matemáticos usados em previsões para o futuro e a possibilidade de que as alterações façam parte das flutuações normais do clima vêm sendo muito discutidos e questionados (ver 'Um século e meio de aquecimento global', em *Ciência Hoje* nº 107). Em 1986, por exemplo, a Environment Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental) dos Estados Unidos desenvolveu um desses modelos e previu que até o ano 2100 o nível global do mar subiria 212cm – implicando a inunda-

**Figura 1. A praia de São Miguel, ao norte de Ilhéus (BA), sofre intensa erosão.**



Figura 2. Na praia de Ilhéus, no centro da cidade, ao contrário do observado na praia de São Miguel, ocorre acresção.

ção integral ou parcial de inúmeras cidades litorâneas. A ‘calamidade anunciada’ fez grande sucesso na mídia, mas felizmente a previsão foi revista pouco depois.

Medições locais e recentes da elevação relativa do nível do mar foram apontadas como sinais de uma subida global, decorrente da alteração do clima. Tal relação, no entanto, não está clara, e uma das dificuldades é a grande variação geográfica das taxas observadas – tanto que em alguns locais o nível do mar está baixando. A ciência ainda tem muitas dúvidas quanto à influência de certos fenômenos geológicos e meteorológicos nas variações locais do nível do mar. Se está ocorrendo uma subida global dos oceanos, qual a proporção do fenômeno?

### Medindo o nível do mar

A alteração do nível dos mares, decorrente do degelo polar ou de outros processos, é tecnicamente denominada eustasia. A medição da variação eustática é feita através de maregrafos, instrumentos que registram de maneira contínua o nível do mar entre a maré baixa (baixa-mar) e a maré alta (preamar). Tal oscilação varia de um local pa-

ra outro, segundo a forma da costa marítima: no Rio de Janeiro é de 0,8m, em São Luís do Maranhão chega a 6m e na baía de Fundy (Canadá) atinge 15m. Os limites da baixa-mar e da preamar também modificam-se no decorrer do ciclo lunar, alcançando níveis máximos (na maré alta e na maré baixa) em épocas de lua cheia e lua nova e níveis mínimos (nas duas marés) na lua crescente e lua minguante.

A partir das medidas cíclicas das marés, denominadas marés astronômicas, é possível definir o nível médio do mar em determinado local. Tais oscilações do nível da água, porém, sofrem interferência de componentes atmosféricos. A passagem de um ‘ciclone’ (zona de pressão atmosférica baixa) sobre uma região litorânea eleva temporariamente o nível do mar, caracterizando a ‘maré meteorológica’. Esse quadro, em geral

associado a ondas de altura maior, favorece a erosão das praias arenosas. Conjugado com o período de lua cheia ou lua nova, o efeito pode ser devastador, levando à erosão, durante apenas uma maré, de alguns metros da berma superior – o ponto mais alto da praia, marcado por uma crista, onde começa a vegetação permanente (figura 3).

A repetição freqüente de fenômenos meteorológicos desse tipo aumenta os registros maregráficos para a faixa litorânea. Tal alteração, no entanto, apesar de importante do ponto de vista da erosão, não pode ser vista como elevação eustática. É importante frisar que, segundo observações contínuas do engenheiro Erich Plate, da Universidade de Karlsruhe, no norte da Alemanha, e do Instituto Oceanográfico da Inglaterra, eventos meteorológicos desse tipo vêm se intensificando nas últimas décadas, o



Figura 3. Perfis esquemáticos da praia, mostrando a variação causada por ondas mais intensas, atingindo porções com vegetação.

que aumenta o perigo de inundação em regiões estuarinas e de fortes eventos erosivos em praias abertas.

Processos geológicos também provocam constantes reajustes da superfície da crosta terrestre. Assim, estações maregráficas podem sofrer afundamento ou soerguimento, junto com o terreno onde se localizam. Regiões de estuários de rios, por exemplo, sofrem lento afundamento, pois a perda de água dos sedimentos leva à compactação do subsolo, o que resulta na subida relativa do nível do mar. A retirada de água subterrânea acentua ainda mais a compactação, como ocorreu em Veneza. Nos anos 50, as taxas de 'afundamento' de Veneza tornaram-se 10 vezes maiores que as registradas em outras épocas. Em 1969, o bombeamento parou, estancando o processo – em certos locais, foi observada elevação de 2cm. Mas separar a compactação natural da que resulta da retirada de água do solo exige muitos estudos e observações específicas.

Outras regiões sofrem soerguimento. Em alguns locais da Antártida, onde a espessura atual do gelo alcança 4km, a superfície da crosta situa-se 2km abaixo do nível do mar, em função do enorme peso desse gelo. 'Capas' semelhantes cobriam grandes extensões do planeta ao final da última glaciação, há 12 mil anos, e seu derretimento resultou em lenta recuperação do equilíbrio gravitacional. A Escandinávia 'perdeu' nessa época uma camada de gelo que atingia 2,5km de espessura ao norte do Golfo de Botnia e desde então elevou-se mais de 400m. Ainda hoje, determinada área da região 'sobe' cerca de 0,5m por século – ali, uma eventual elevação do nível do mar não seria notada.

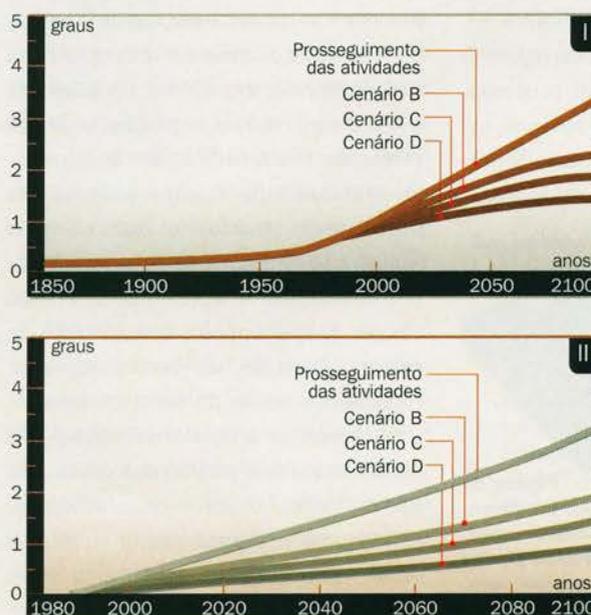
Além disso, a superfície dos oceanos, em função das variações da gravidade na Terra, apresenta grandes diferenças, que chegam a dezenas de metros de amplitude. No Atlântico, por exemplo, existe uma 'depressão' (-50m) na superfície oceânica ao norte das

Guianas e um 'abaulamento' (+50m) entre a Groenlândia e a Irlanda. Deslocamentos dessas diferenças, ao longo de séculos ou milênios, causados por mudanças locais da gravidade terrestre, também podem provocar variações relativas do nível do mar. Assim, se um 'abaulamento' começar a se aproximar do litoral de um continente, haverá aumento do nível do mar. Muitos pesquisadores acreditam que, em função dessas alterações gravitacionais, o nível do mar na costa brasileira baixou cerca de 4m nos últimos 5 mil anos, enquanto na costa leste dos Estados Unidos ocorreu elevação de 6m no mesmo período.

Tais variações tornam difícil avaliar se uma subida é realmente eustática. Mesmo assim, vários autores apontaram valores 'prováveis' para a elevação do nível dos mares nos últimos cem anos: em 1987, Vivien Gornitz e Sergej Lebedeff sugeriram 10cm; em 1989, W. R. Peltier e A. M. Tushingham propuseram 24cm (margem de erro de  $\pm 9$ ); e no mesmo ano P. A. Pirazolli calculou entre 4 e 6cm. Ainda mais controversa é a origem do aumento de volume dos oceanos. Muitos modelos consideram a expansão térmica da camada superior dos oceanos responsável por um terço desse

aumento, cabendo a parcela restante à fusão de geleiras de montanhas.

Quanto o nível do mar subirá, no futuro, em decorrência do aumento do efeito estufa? É difícil responder, pois os atuais modelos matemáticos não são sofisticados o bastante para quantificar a capacidade exata dos oceanos de absorver CO<sub>2</sub> e calor da atmosfera. Mas as previsões apocalípticas para o século XXI foram revistas. Em 1990, modelos desenvolvidos pelo Intergovernmental Panel on Climatic Change (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) indicaram que até 2100 o nível global dos mares poderia subir 0,6m (com intervalo de 0,3m a 1,1m), admitindo a pior situação: o cenário A (que ganhou o nome de *business as usual*), caracterizado pelo prosseguimento das atividades atuais, com maior uso do carvão mineral e alguma economia de energia (figura 4). Essa hipótese, bem mais moderada que as anteriores, inclui um crescimento da camada de gelo antártico através de precipitação, quando o aquecimento decorrente do efeito estufa intensificado aumentar a umidade do ar. Ainda não existe, no entanto, uma base de dados adequada para simulações seguras de cenários futuros.

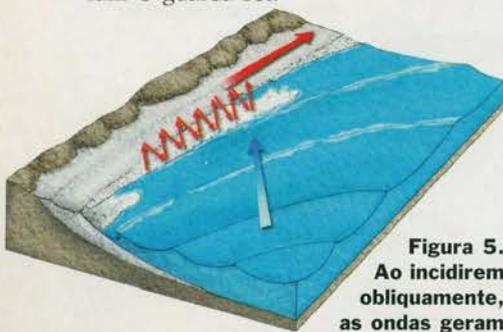


**Figura 4. Simulações do aumento da temperatura global (I) e de suas conseqüências na elevação do nível do mar (II). O primeiro cenário (A) supõe o prosseguimento das atividades atuais e os demais baseiam-se em situações de regulamentação progressiva para redução da emissão de gases 'estufa'.**

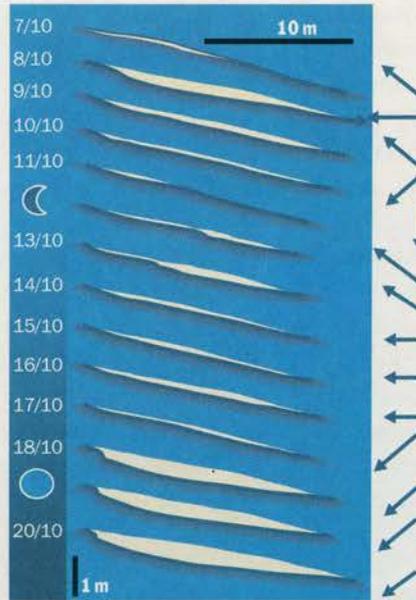
## Causas da erosão marinha

A linha de praia representa o ponto tríplice de encontro da terra, do mar e da atmosfera. Ao abordar problemas de erosão costeira, é preciso lembrar que o equilíbrio das praias depende da energia das ondas e do balanço de sedimentos. A terra sofre o impacto do movimento das ondas, geradas pelo vento, e essa energia é responsável pela existência da praia. As ondas induzem um movimento circular nas partículas situadas abaixo da área em que passam e, quando estão próximas da arrebentação, apresentam uma assimetria no seu campo interno de velocidades. Tal assimetria aponta para a direção de deslocamento da onda – ou seja, para o continente – e empurra a areia para formar a praia.

As ondas têm potência fantástica, proporcional ao quadrado da sua altura: para as de 1,8m a energia por metro linear (com lâmina d'água de 9m) é de 10 quilowatts (kw), e para as de 3m é de 30kw. Durante a progressão da onda em direção à praia, parte dessa energia dissipa-se no contato com o fundo, entre a zona de arrebentação e a praia, gerando turbulência e movendo grandes volumes de areia. Quando as ondas chegam à praia em ângulo (figura 5), criam correntes costeiras e carregam o sedimento lateralmente – tal processo, conhecido como deriva litorânea, já surpreendeu muitos banhistas, levando-os para longe do ponto onde armaram o guarda-sol.



**Figura 5.** Ao incidirem obliquamente, as ondas geram deriva litorânea, ou seja, transporte de areia ao longo da praia.



**Figura 6.** Perfis de praia diários no Farol de Alcobaça, entre 7 e 20 de outubro de 1994, indicados os ventos predominantes. Os perfis correspondem a uma linha de referência entre uma estaca de marcação e o início do terraço de maré baixa.

Toda essa movimentação confere a cada segmento de litoral um equilíbrio dinâmico, no qual processos rápidos, geralmente locais, alteram o balanço momentâneo do transporte de areia. A transferência desta de um segmento para outro depende do ângulo do vento (em relação à linha da costa), das suas inversões e da sua intensidade. O estudo da erosão marinha em Alcobaça (sul da Bahia), em 1994 e no início de 1995, deixou clara a importância de tais inversões e intensificações como causas imediatas de feições erosivas, da formação de 'degraus' na linha de praia (figura 6) e do acúmulo de minerais pesados escuros – considerado erosão efetiva, já que envolve a destruição de partes vegetadas da berma superior, causando o recuo da linha costeira.

A inversão e a intensificação dos ventos mudam o padrão das ondas. No sul da Bahia, eventos meteorológicos mais agressivos aumentam a altura das ondas (para mais de 1m, contra 40cm em épocas calmas), e baixam seu pe-

ríodo (de 6-7 para 3-4 segundos). Nesses casos, as ondas incidem com ângulo de quase 40° em relação à linha de praia, contra 100° ou menos em épocas 'normais'. Tais mudanças intensificam a deriva litorânea e às vezes invertem seu sentido. A nova dinâmica promove grande mobilização de areia e reajusta a topografia litorânea, estável em condições mais amenas. Em eventos climáticos intensos, o processo é muito rápido, mudando o perfil de uma praia em poucas horas.

Muito importantes nesses fenômenos são as frentes frias – bordas avançadas de um 'anticiclone' (área de alta pressão) originado nos mares antárticos. Ao atingirem a costa leste do Brasil, as frentes frias invertem o sentido dos ventos e, portanto, da deriva litorânea. Como são mais comuns nos meses de inverno, muitos dos problemas de erosão das praias brasileiras situadas entre o sul da Bahia e o Rio Grande do Sul ocorrem nessa estação. Em regiões temperadas ou frias, as mudanças sazonais são mais definidas, com condições rigorosas no inverno e amenas no verão. Tais regiões apresentam tendência de erosão das praias na estação mais fria, com recuperação na estação mais quente.

Em Alcobaça, situada na região tropical, oscilações dos ventos mostraram, mesmo fora do inverno, efeito comparável ao das frentes frias. Mas nem todos os eventos meteorológicos desse tipo observados na pesquisa resultaram em erosão ou feições erosivas. Isso é explicado pela existência de um controle natural na erosão marinha: a interferência das características do fundo da zona de arrebentação e da face da praia – herdadas de condições anteriores – nos novos processos gerados por mudanças meteorológicas.

De fato, existe baixa correlação estatística entre eventos meteorológicos 'destrutivos' e feições erosivas. O sistema é autotransformante: características anteriores influenciam e controlam, através

de interferências e ressonâncias, a mudança para novas feições, ampliando ou amortecendo condições de erosão ou acresção. As ondas e as formas cíclicas de fundo, que incluem desde pequenas marcas onduladas na areia até grandes campos de dunas submersas, atuam de forma harmônica.

Como praias arenosas são ambientes extremamente dinâmicos, qualquer quantidade de areia transportada para fora de um segmento litorâneo deve ser substituída por volume igual vindo de outro lugar – do continente ou da plataforma marinha rasa. A falta de reposição resulta em redução da faixa litorânea (erosão) e uma deposição além do normal aumenta a largura dessa faixa (acresção). Cada segmento de costa apresenta uma combinação única de fontes e saídas de sedimento, que pode ser alterada por processos naturais ou de origem humana.

### A situação no sul da Bahia

A erosão costeira é fenômeno freqüente nos dias atuais porque a plataforma marinha rasa vem perdendo sedimento desde a estabilização do nível do mar na posição atual, há cerca de 4 mil anos. Na última glaciação, de 70 mil a 15 mil anos atrás, grande quantidade de sedimento acumulou-se na plataforma continental então exposta. Em seguida, o aquecimento do planeta fundiu parte das calotas polares e das geleiras continentais, provocando – até há 4 mil anos – a elevação do nível dos oceanos em até 100m, segundo estudos do matemático André Berger, da Universidade de Louvain la Neuve (Bélgica). Durante esse processo, o material acumulado foi continuamente empurrado para as sucessivas praias pela energia das ondas. Quando o mar estabilizou-se, essa ‘varredura’ sempre renovada da plataforma marinha formou vastas praias com campos de dunas associadas. A partir



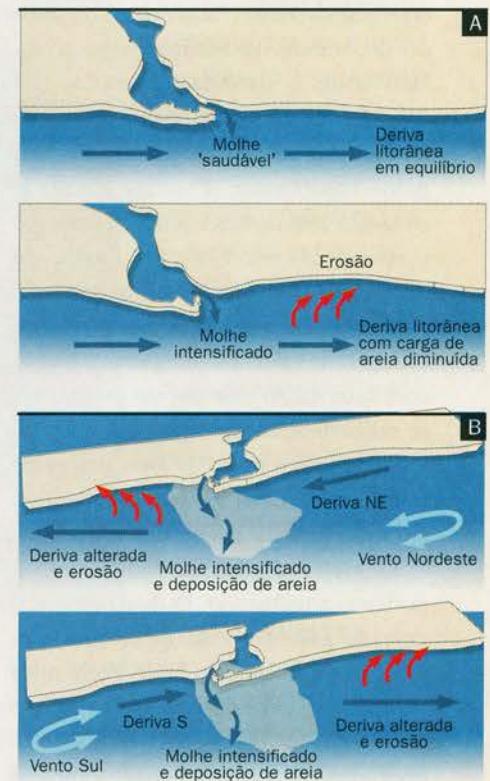
**Figura 7. O Porto do Malhado, em Ilhéus (BA), interrompeu a deriva litorânea, provocando erosão ao norte, associada a grande acresção ao sul.**

daí, o estoque da plataforma parou de se renovar e começou a sofrer contínuas perdas, tanto pela abrasão e desgaste dos grãos de areia quanto pelo transporte irreversível para áreas marinhas mais profundas, seguindo vales e cânions submersos.

Atualmente, a reposição nas praias é feita apenas por fontes continentais de areia: a trazida pelos rios ou a erodida das falésias. A época é de penúria em sedimento, e por isso qualquer desequilíbrio ou modificação no sistema costeiro pode gerar erosão. Estima-se que a erosão ocorra em 70% das praias arenosas atuais, que ocupam apenas 20% dos litorais da Terra. Além disso, a interferência humana aumentou drasticamente nas últimas décadas, alterando o suprimento natural de sedimentos. Barragens nos rios reduzem o aporte fluvial de areia ao litoral, enquanto construções portuárias, entrocamentos e molhes retardam ou travam a deriva litorânea. Outro fator desequilibrante é a retirada de areia e cascalho das praias, para serem usados como material de construção.

No caso de Ilhéus, a construção do porto internacional do Malhado – enorme barreira de pedra e concreto que avança mar adentro (figura 7) – causou a interrupção da deriva litorânea. A areia que esse processo natural trazia do sul agora fica retida antes do porto e não chega à parte norte, o que provoca erosão nas praias ali situadas e acresção na praia próxima do centro da cidade, que aumentou 400m em sua largura e ganhou um campo de coroas arenosas.

No litoral sul da Bahia, outra ação humana parece ser a principal responsável pelos processos erosivos observados. O fluxo dos rios que deságuam no mar, chamado molhe hidráulico (figura 8), altera a circulação do trecho litorâneo próximo à desembocadura ou ao estuário, interrompendo a deriva lito-



**Figura 8. Alterações na deriva litorânea causadas pela intensificação do efeito do molhe hidráulico (A). Quando ocorre inversão eólica, a atuação do molhe hidráulico gera erosão nas praias dos dois lados do estuário (B).**

rânea e promovendo acúmulo de sedimento na área anterior (a barlar). O volume acumulado depende do balanço entre a capacidade de retenção do molhe hidráulico, a intensidade da deriva litorânea, suas reversões e intensificações, e a quantidade de areia que ultrapassa a barreira (para sotamar).

O trecho litorâneo em que um rio desemboca encontra-se em equilíbrio dinâmico com o volume de água doce recebido, suportando alterações sazonais impostas pelo regime de chuvas nas bacias hidrográficas. Evidentemente, tal equilíbrio foi atingido ao longo de milhares de anos, por ação das ondas e da deriva litorânea. No sul da Bahia, no entanto, essa estabilidade milenar foi mudada pela ação do homem.

Até 1945, ainda existiam 85% da mata atlântica característica da região, percentual reduzido para 37% em 1960, com o desmatamento no oeste do estado decorrente do avanço da pecuária. Mais tarde, a abertura da rodovia BR-101, que corta ao meio toda a área litorânea, levou à instalação de diversos pólos madeireiros, e como resultado restavam 15% da mata atlântica em 1974 e apenas 6% em 1990. Em função da derrubada da floresta, cresceu a erosão e os rios passaram a carregar muito mais sedimento. Tais rios atingiram o litoral com água muito mais densa, graças à alta concentração de argila em suspensão, e com um pulso de areia (carga de fundo) que começou a assorear a plataforma marinha diante dos estuários.

O efeito do molhe hidráulico foi portanto amplificado. O fluxo dos rios, alterado pela maior carga de sedimento, passou a interromper com mais eficiência a deriva litorânea e a alterar o padrão das correntes próximas à desembocadura. As coroa areosas formadas a barlar e sob o molhe aumentaram ainda mais a 'barreira', desestabilizando o trecho a sotamar, onde o potencial de transporte das correntes litorâneas foi mantido. A atuação do molhe, junto



FOTO: H. DUPONT

**Figura 9. A erosão na praia de Mucuri, no sul da Bahia, ameaça as casas construídas junto à costa.**

com as inversões eólicas, gerou dois trechos em que a erosão tem intensidade proporcional à força de atuação dos componentes de cada um dos lados do estuário. O novo molhe hidráulico interceptou a deriva litorânea e as praias tiveram que acomodar-se a uma condição mais erosiva, por ação das ressacas. Isso vem ocorrendo em vários pontos da costa baiana, como nas áreas próximas às desembocaduras dos rios Mucuri e Itanhaém. Infelizmente, nesses dois casos, as cidades de Mucuri e Alcobaca foram erguidas no caminho do reajuste da deriva litorânea (figura 9).

A vulnerabilidade da faixa da praia aumenta com a destruição da vegetação rasteira. As raízes bem desenvolvidas

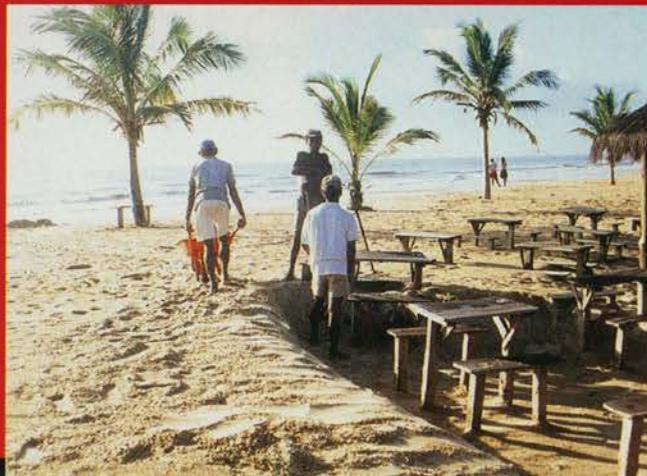
das plantas que vivem em geral na parte mais alta da berma dificultam a retirada de areia pelo impacto das ondas que, em épocas mais erosivas, atingem essa crista. Folhas e ramos também servem de armadilha para grãos de areia carregados pelos ventos (figura 10). Assim, a vegetação auxilia a 'engorda' da berma, e esse importante estoque de areia pode ser movido naturalmente em épocas de erosão. Entretanto, em áreas urbanizadas a vegetação protetora é destruída e a berma é rebaixada, enfraquecendo ainda mais a costa (figura 11).

No grande compartimento arenoso que se estende de Ilhéus a Vitória – cerca de 650km – são comuns as restingas, grandes barras de areia que se alongam





**Figura 10.** A vegetação rasteira que cresce na berma da praia ajuda a 'segurar' a areia.



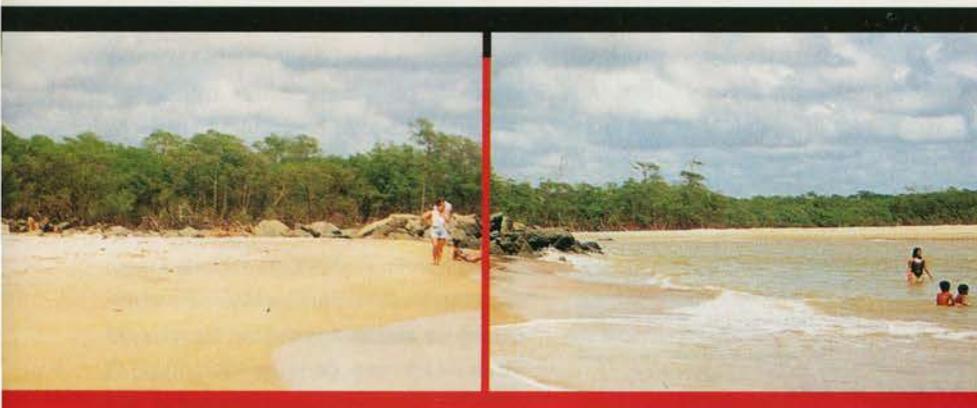
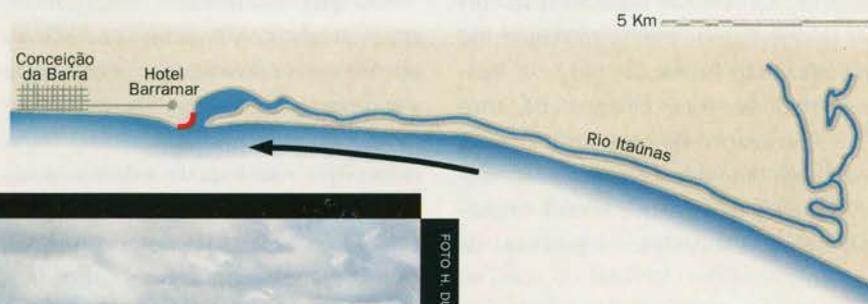
**Figura 11.** Em Mucuri, a berma da praia teve que ser rebaixada para desenterrar mesas e bancos soterrados por processos eólicos.

gam às custas de sedimento trazido pelos rios ou retido pelo efeito de molhe hidráulico. Ao atingirem certo comprimento, as restingas desestabilizam-se e sofrem avulsão (quebras que permitem a formação de novos estuários). Antes que isso ocorra, o avanço da barra de areia gera pequena frente erosiva na parte côncava da saída da corrente fluvial, como acontece em Conceição da Barra, no Espírito Santo: o Hotel Barramar, construído na desembocadura do rio Itaúnas, no caminho de uma restinga, luta hoje contra a destruição (figura 12). Caso o rio não rompa naturalmente a restinga, esta, que já cresceu 15km, só precisa avançar mais 5km para tirar do mapa o balneário. O mesmo ocorre na

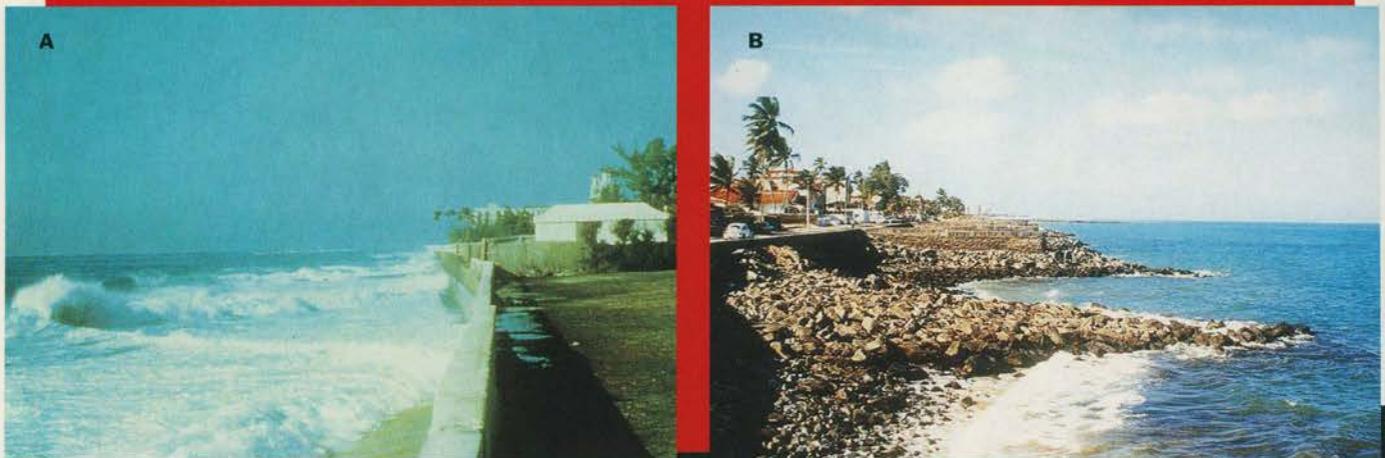
barra do rio Jaboatão, no Recife (Pernambuco). Processo natural, o avanço das restingas não resulta de desequilíbrios ou alterações ambientais, mas desespera proprietários de imóveis situados em seu caminho.

Os campos de grandes dunas submersas, situados na plataforma rasa junto à costa, constituem uma forma de controle natural dos pulsos erosivos ou acretivos no litoral brasileiro. Tais campos são mais rasos, protegendo a faixa litorânea da energia das ondas. O deslocamento de um grupo de dunas sub-

mersas para outro local deixa o segmento de praia adjacente exposto a um regime de ondas mais intenso, eventualmente destrutivo. Como a movimentação dessas dunas – de um segmento da plataforma para outro – exige condições oceanográficas de maior impacto (tempestades, ressacas etc.), isso ocorre de forma mais lenta, demorando alguns anos. O trecho deixado sem proteção pode sofrer erosão, até que a linha da costa se reajuste ou outro campo de dunas tape o 'buraco'.



**Figura 12.** O Hotel Barramar, na barra do rio Itaúnas, em Conceição da Barra (ES), tenta há tempos proteger-se da erosão. O esquema mostra como o crescimento da restinga (seta em preto) do rio Itaúnas causa erosão (em vermelho) na margem sul de sua desembocadura.



**Figura 13.** As muralhas de proteção contra a erosão, como a construída em Palm Beach, na Flórida (A), e os espigões, como os da praia de Olinda, em Pernambuco (B), nem sempre têm bons resultados. Em Olinda, os espigões não trouxeram a areia de volta.

FOTOS: H. DUFRONT

## Como proteger as praias

Muitos sistemas de proteção da costa foram desenvolvidos ao longo dos séculos. O primeiro foi a construção de muralhas, cais, revestimentos ou outras obras exatamente no local da erosão, tentando bloquear seu avanço. O método, porém, é o menos adequado para a maioria dos problemas, a não ser que se queira perder o que sobrou da praia, já que toda a energia de impacto das ondas retorna ao mar, carregando a areia restante. Além disso, ressacas mais fortes podem causar erosão intensa e até exposição das fundações das muralhas. Esse tipo de obra, emergencial, teve grande aceitação no passado e ainda é usada em determinadas situações, mas hoje questiona-se o que é mais importante para a sociedade: a praia ou os prédios?

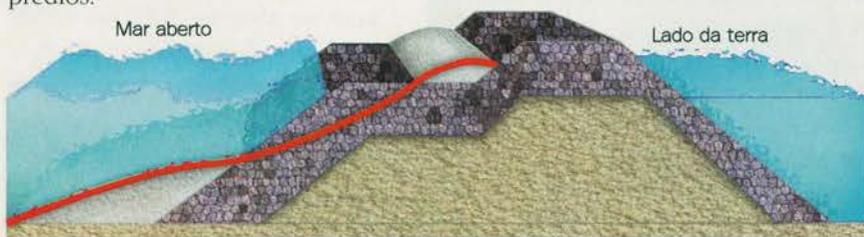
Durante muito tempo, os espigões ou *groins* – linhas de pedra que avançam algumas dezenas ou centenas de metros no mar – passaram a ser a solução mais aceita (figura 13). Funcionam como armadilhas, impedindo a transferência lateral de areia. Entre suas desvantagens estão o terrível impacto visual e a própria retenção de sedimento, que afeta as praias próximas. Além disso, o sistema é ineficaz onde não há areia disponível. Apenas metade dos espigões construídos até hoje podem ser considerados satisfatórios.

Os quebra-mares e a dragagem de areia da plataforma submarina são as opções mais adotadas atualmente para a recuperação de praias. O quebra-mar de berma dinamicamente estável (figura 14), que não impede a deriva litorânea e se ajusta à intensidade das ondas, evitando a ruptura do corpo principal,

talvez seja o sistema mais pesquisado hoje, quanto a formato das extremidades, otimização do perfil e distribuição dos tamanhos das pedras ou elementos de concreto. Os defensores da recuperação das praias por areia dragada alegam que o método evita impactos ambientais, tem a melhor relação custo-benefício e não afeta trechos adjacentes da costa. A areia obtida em algum lugar da plataforma é usada para 'reengordar' a praia, com diferentes formatos e perfis. O processo pode ser repetido, se necessário, mas o uso de areia de granulometria inadequada, esteticamente desagradável ou instável no local, costuma causar problemas.

As mais recentes tecnologias de proteção das praias tendem a ser mais baratas, a ter pouco impacto ambiental e a se apoiar em processos naturais. São os geotêxteis, o bombeamento da água sob a face de praia e os recifes artificiais.

Os geotêxteis, basicamente malhas de produtos plásticos (polipropileno) muito fortes, que não apodrecem, têm sido pesquisados sob duas formas: elementos preenchidos com areia ou massa, empilhados para edificar quebra-mares ou outras formas de fixação do fundo, e campos de telas submersas. O primeiro tipo representa apenas o uso

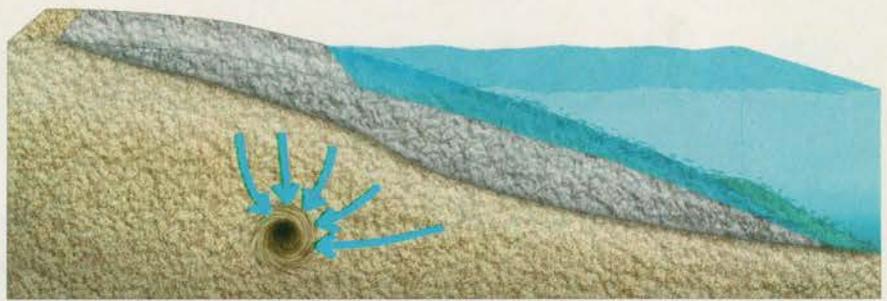


**Figura 14.** Perfil típico de quebra-mar de berma dinamicamente estável, antes (em vermelho) e depois de ser atacado e reajustado por ondas mais fortes.

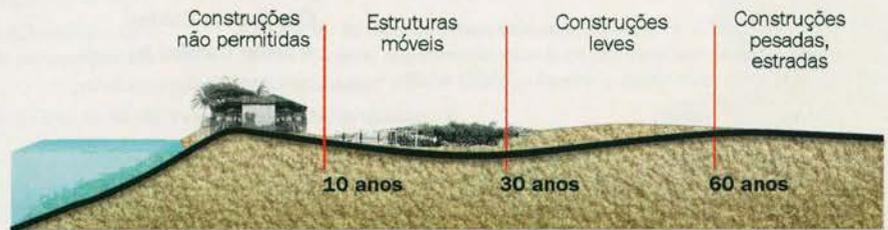
de novo material em velhas fórmulas, com maior flexibilidade de uso e menor custo. Já os campos de telas, ancoradas no fundo arenoso, partem de outro princípio. Acredita-se que tais telas – também chamadas de ‘algas artificiais’ – diminuem a energia da corrente induzida pelas ondas que passam na superfície, atuando como uma armadilha de deposição de areia, o que resultaria na formação de dunas submersas e na redução do impacto da água na praia. A quantificação dos parâmetros de uso dessa técnica, assim como a solução dos problemas de ancoragem de algas, ainda estão sendo estudadas por belgas e holandeses.

O bombeamento da água sob a face da praia parte do princípio do refluxo das ondas: cada onda que arrebenta e sobe pela areia tem que voltar ao mar, arrastando grãos de areia no retorno. Se esse refluxo for reduzido, menos grãos serão levados. Para isso, a água que preenche os poros da areia da praia é bombeada para outro local através de uma tubulação enterrada na areia, rebaixando o lençol freático, reduzindo a pressão hidráulica e criando uma zona insaturada (figura 15). A consequência é a maior infiltração, na areia, da água trazida pelas ondas, diminuindo o refluxo e assegurando o depósito de mais grãos, alargando a face da praia sem interrupção da deriva litorânea. O custo básico de instalação do sistema é inferior ao de outros, mas o bombeamento da água acarreta despesas operacionais. Essa água pode ser usada para outras finalidades: criação de camarões, piscicultura, circulação de água em marinas ou lagunas poluídas, piscinas de água salgada. A técnica está sendo refinada por pesquisadores dinamarqueses para os diversos parâmetros ambientais, mas já existem unidades em operação nas costas dos Estados Unidos (na Flórida), da Dinamarca, da Inglaterra, da Espanha e do Japão.

Os chamados recifes artificiais são



**Figura 15. Sistema de bombeamento de água sob a face da praia: a água é sugada através de uma tubulação subterrânea, diminuindo o refluxo das ondas, o que permite acúmulo de areia e recuperação de faixas erodidas.**



**Figura 16. Faixas de restrição à urbanização em áreas litorâneas, de acordo com recomendação de 1990 do National Research Council, dos Estados Unidos. As posições variam para cada praia e correspondem às estimativas em anos para a erosão.**

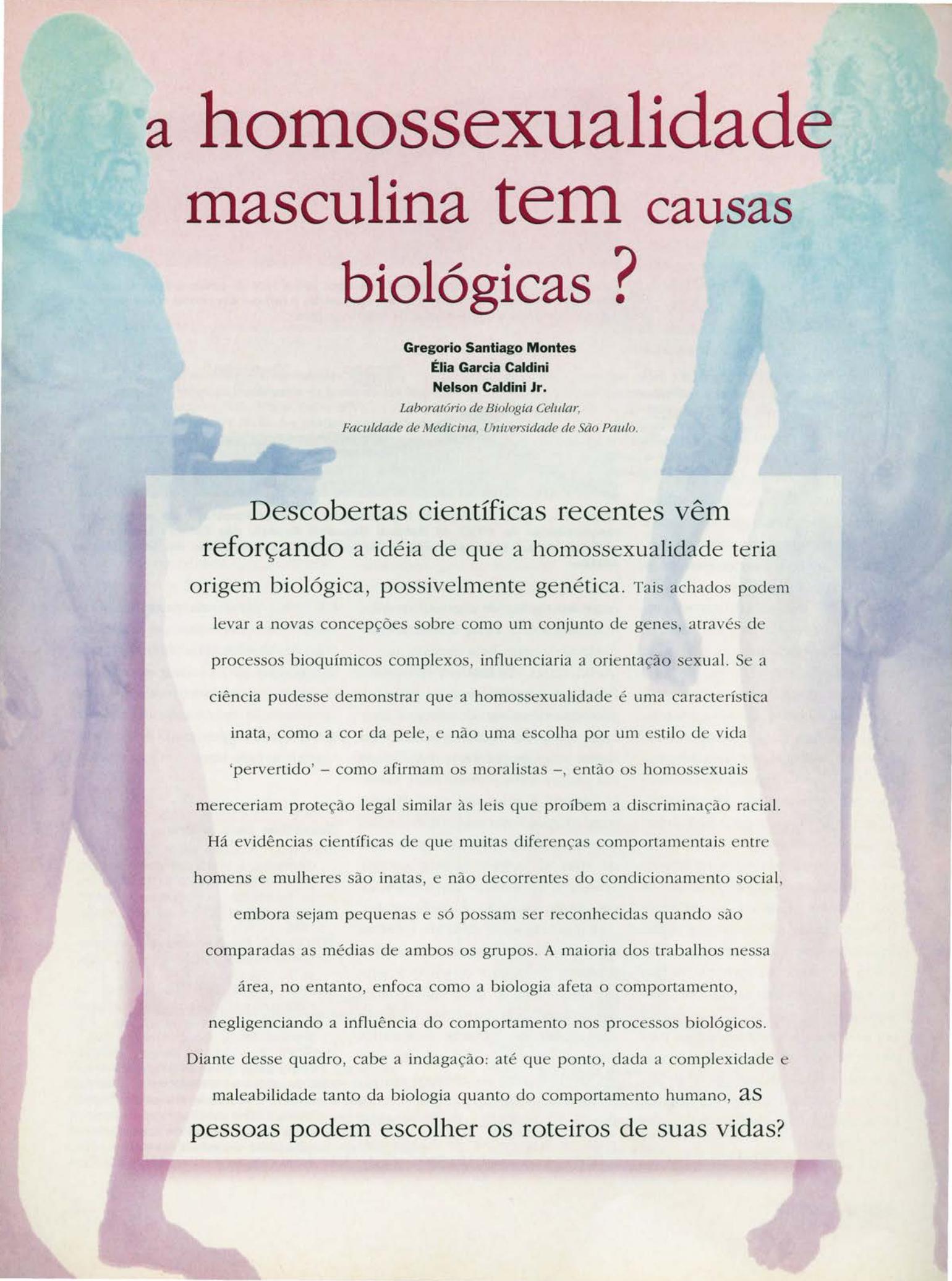
estruturas rígidas, de concreto armado, instaladas sob a água, a determinada distância da praia. Bem menores que os quebra-mares, tais ‘recifes’ não se confrontam totalmente com as ondas. A geometria desse tipo de estrutura é dimensionada caso a caso, com base em dados sobre frequência e intensidade das ondas e sobre profundidade. Assim, o formato é calculado para dissipar parte da energia das ondas, que chegam à praia sem força para carregar a areia de volta. O método permite enorme economia de material de construção, em comparação com os quebra-mares.

Embora existam diversos métodos de proteção dos litorais, uma análise profunda de custo e benefício é sempre necessária. É claro que cidades como Nova York, Amsterdã ou Tóquio conseguirão os recursos necessários para enfrentar uma eventual elevação do nível do mar no próximo século. Entretanto, é difícil justificar economicamente a proteção de uma dúzia de casas de veraneio de R\$ 30 mil cada com uma obra orçada em R\$ 2 milhões.

Por isso, empreendimentos na zona litorânea devem estar sempre atentos às taxas de recuo da praia. Vários países já têm normas para construção na costa (figura 16), evitando arcar com medidas de contenção de erosão ou enfrentar queixas de proprietários de imóveis destruídos pelo mar.

#### Sugestões para leitura:

- Anais do 1º Simpósio sobre Processos Sedimentares e Problemas Ambientais na Zona Costeira Nordeste do Brasil. Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1995.
- KOMAR, P.D. *Beach processes and sedimentation*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1976.
- MUEHE, D. ‘Geomorfologia costeira’, in *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos* (Cunha e Guerra, org.), Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1995.
- PASKOFF, R. *Côtes en danger*, Masson, Paris, 1993.
- PILKEY, O.H. & THIELER, E.R. *Coastal erosion*, Coleção de Slides Nº6, SEPM, Tulsa, 1992.
- SUGUIO, K. *Dicionário de geologia marinha*, T.A. Queiroz Editor Ltda., São Paulo, 1992.



# a homossexualidade masculina tem causas biológicas ?

**Gregorio Santiago Montes**

**Élia Garcia Caldini**

**Nelson Caldini Jr.**

*Laboratório de Biologia Celular,*

*Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.*

Descobertas científicas recentes vêm reforçando a idéia de que a homossexualidade teria origem biológica, possivelmente genética. Tais achados podem levar a novas concepções sobre como um conjunto de genes, através de processos bioquímicos complexos, influenciaria a orientação sexual. Se a ciência pudesse demonstrar que a homossexualidade é uma característica inata, como a cor da pele, e não uma escolha por um estilo de vida 'pervertido' – como afirmam os moralistas –, então os homossexuais mereceriam proteção legal similar às leis que proíbem a discriminação racial. Há evidências científicas de que muitas diferenças comportamentais entre homens e mulheres são inatas, e não decorrentes do condicionamento social, embora sejam pequenas e só possam ser reconhecidas quando são comparadas as médias de ambos os grupos. A maioria dos trabalhos nessa área, no entanto, enfoca como a biologia afeta o comportamento, negligenciando a influência do comportamento nos processos biológicos. Diante desse quadro, cabe a indagação: até que ponto, dada a complexidade e maleabilidade tanto da biologia quanto do comportamento humano, **as** pessoas podem escolher os roteiros de suas vidas?

**a**lgumas teorias sobre a dinâmica dos processos mentais e emocionais em que se baseia o comportamento humano atravessam atualmente um período de crise, entre os psiquiatras, em função de evidências, reveladas por pesquisas científicas, de que algumas síndromes psíquicas teriam causas biológicas. Entre essas síndromes estão a esquizofrenia e transtornos como o do pânico e o bipolar do humor (antes denominado psicose maníaco-depressiva). Tais descobertas levaram à especulação sobre a possível origem biológica de outros tipos de comportamento 'desviantes' – no sentido de estatisticamente minoritários –, como o comportamento homossexual.

As pesquisas nesse sentido envolvem os efeitos de distúrbios hormonais durante o período de gravidez ou logo após o nascimento, a presença de estruturas cerebrais diferenciadas entre homossexuais e heterossexuais masculinos e até mesmo a detecção de um gene, ou grupo de genes, que poderia tornar a escolha de parceiros sexuais uma questão hereditária. A sexualidade de um indivíduo, porém, é um importante componente de muitos tipos de relacionamentos humanos, provavelmente de todos, como insiste Martin Johnson, professor de Ciências da Reprodução na Universidade de Cambridge (Inglaterra), ao comentar, na revista *Newsweek*, o livro *The science of desire: the search of the gay gene and the biology of behavior* (*A ciência do desejo: a pesquisa sobre o gene homossexual e a biologia do comportamento*), de Dean Hamer e Peter Copeland.

Nos seres humanos, os estímulos eróticos incluem não só outras pessoas – do sexo oposto ou do mesmo sexo – mas também peças do vestuário, outros objetos inanimados, certas partes do corpo, outras espécies animais vivas e até mesmo situações específicas, geradoras de sensações de poder ou perigo (ver 'O que são parafilias?'). Todos sabemos,

também, que as reações a tais estímulos são muito diversas de um indivíduo para o outro. Diante de tamanha variedade de comportamentos sexuais, parece difícil que o componente genético possa ser tão significativo. Esse tipo de reducionismo recebe muitas críticas. Ro-

bert Hinde, por exemplo, em seu livro *Towards understanding relationships* (*Procurando compreender os relacionamentos*), comenta que a ciência reducionista demonstra pouco empenho para enfrentar problemas biológicos complexos, como a sexualidade humana.

## O que são parafilias?

Qualquer comportamento que reflita uma dissociação entre o desejo sexual e o afeto é chamado de parafilia – termo que significa 'fora do amor'. Esse comportamento inclui toda atividade sexual de indivíduos adultos na qual haja alteração da finalidade (prazer e/ou procriação) ou objeto (outra pessoa adulta) e em que o orgasmo seja atingido pelo parafilico única e exclusivamente através dessa atividade. As parafilias mais conhecidas são:

**Pedofilia** • Atividade sexual com meninos ou meninas

**Zoofilia** • Atividade sexual com animais

**Gerontofilia** • Atividade sexual com pessoas bastante mais velhas

**Necrofilia** • Atividade sexual com cadáveres

**Fetichismo** • Atividade sexual com objetos inanimados

**Sadismo** • Atividade sexual em que o indivíduo provoca sofrimento físico ou psicológico no parceiro

**Masoquismo** • Atividade sexual em que se procura sentir um sofrimento físico ou psicológico

**Exibicionismo** • Exibição dos genitais a estranhos ou em público

**Voyeurismo** • Observação de outras pessoas quando se despem, estão nuas ou em atividade sexual, sem que elas o saibam

**Ninfomania ou Donjuanismo**

• Atividade sexual em excesso

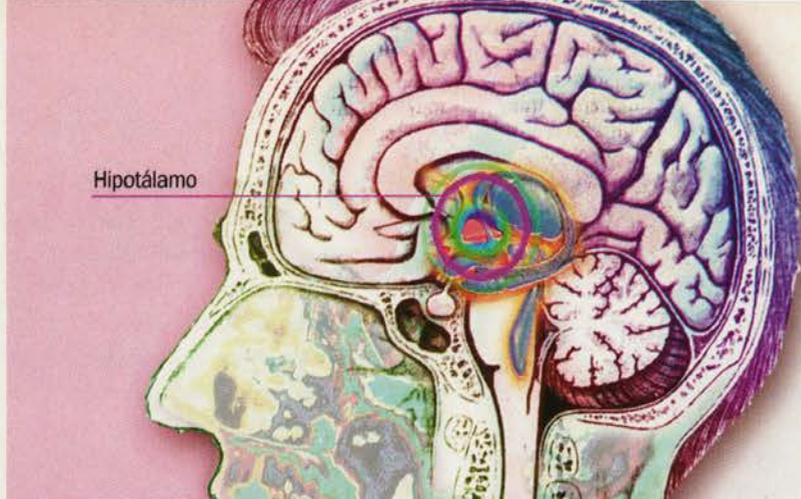


## A influência hormonal

Estudos realizados há duas décadas já apontavam uma possível causa biológica para diferentes comportamentos sexuais, envolvendo estruturas cerebrais. O dimorfismo sexual entre o homem e a mulher é evidente em muitos aspectos, e o cérebro, segundo neuroanatomistas, como D. Swaab e E. Fliers (1985), não pode ser considerado exceção a essa regra geral.

Observou-se, em experiências com ratos de laboratório, nos anos 70, que uma injeção de hormônios masculinos (andrógenos) administrada a uma fêmea nos primeiros dias de vida provocava – quando esta crescia – um comportamento sexual tônico, como o verificado em machos, e não o comportamento cíclico, típico de fêmeas. Posteriormente, encontraram-se núcleos no hipotálamo que governam o comportamento cíclico e o comportamento tônico em ratos. O hipotálamo é uma estrutura do sistema nervoso, situada em posição central, abaixo dos hemisférios cerebrais (figura 1).

Segundo estudos de Arthur P. Arnold e Roger A. Gorski em 1984, o predomínio ou a inibição de um núcleo, em relação ao outro, fenômeno aparentemente relacionado com o estímulo hormonal nos primeiros dias de vida de um rato, resultariam em uma conduta tônica (do tipo macho) ou cíclica (do tipo fêmea). Se os níveis de hormônios virilizantes são reduzidos artificialmente no rato macho durante o período de diferenciação sexual do encéfalo (nos primeiros dias de vida extra-uterina), o animal desenvolve, quando adulto, um comportamento



**Figura 1. Localização do hipotálamo no cérebro humano.**

semelhante ao das fêmeas.

Assim, em ratos de laboratório, a exposição a hormônios esteróides sexuais no período perinatal resulta em uma série de diferenças sexuais neuroanatômicas, como o tamanho dos núcleos de dimorfismo sexual no hipotálamo e assimetrias hemisféricas na espessura do córtex cerebral, que podem ser responsáveis por diferenças no comportamento sexual. Nesses animais, portanto, modificações perinatais nos níveis de hormônios sexuais provocam comportamento sexual atípico, mas essa descoberta não serve como modelo para a homossexualidade humana, segundo William Byne (1994).

Alguns exemplos clínicos em humanos, envolvendo aumento pré-natal de hormônios masculinizantes em fetos de sexo feminino, foram relacionados com um aumento do percentual de homossexualidade em mulheres nascidas nessas condições, se comparada ao percentual verificado na população humana em geral. Até o momento, entretanto, não foi possível correlacionar a homossexualidade masculina com qualquer modificação nos níveis de hormônios sexuais durante a gestação.

É difícil, no momento em que um indivíduo desenvolve comportamento homossexual, obter informações sobre o nível de hormônios a que teria sido submetido nos períodos pré ou perinatais. Estudos prospectivos, embora sejam possíveis, levariam décadas para serem concluídos. Uma das alternativas consis-

te em estudar outras variáveis comportamentais resultantes da assimetria funcional hemisférica e sua relação com a orientação sexual. Isso permite analisar, indiretamente, se modificações nos níveis pré ou perinatais de hormônios alteraram os centros nervosos e provocaram certos comportamentos.

Esse ramo da ciência, denominado psiconeuroendocrinologia, demonstrou – segundo Bryan A. Gladue e outros, em 1990 – que, tanto em animais quanto em humanos, os machos obtêm resultados melhores do que as fêmeas, quando submetidos a provas de habilidades espaciais, e as mulheres obtêm resultados melhores do que os homens nos testes de fluência lingüística. A análise dos efeitos de acidentes vasculares cerebrais tem mostrado que a fluência lingüística está relacionada com o hemisfério esquerdo.

Tais estudos revelaram que tanto os homossexuais quanto as pessoas submetidas a quantidades anormais de hormônios sexuais no período pré-natal obtêm resultados parecidos com os do sexo oposto quando realizam testes de habilidade espacial e fluência lingüística. Essas observações sugerem, de acordo com Cheryl M. McCormick e Sandra F. Witelson (1991), que um fator neurobiológico, ligado à diferenciação sexual, poderia estar na origem da homossexualidade.

Essa hipótese foi reforçada quando, no início desta década (1991), Simon LeVay encontrou evidências neuroanatômicas de dimorfismo sexual em huma-

nos. O neuroanatomista demonstrou a existência, na parte anterior do hipotálamo, de um centro cujo tamanho é diferente entre homens homossexuais e heterossexuais.



### Um centro de comportamento sexual?

Em sua pesquisa, LeVay demonstrou que, nos homens heterossexuais, o núcleo número 3, denominado NI3HA e situado na região dos núcleos intersticiais do hipotálamo anterior, é duas vezes maior que nas mulheres e nos homens homossexuais. A partir dessa constatação ele inferiu que: a) o núcleo NI3HA seria dimórfico para orientação sexual, pelo menos no ser humano, e b) a orientação sexual poderia estar associada a um substrato biológico.

Tais estudos só foram possíveis recentemente, quando as mortes provocadas pela epidemia de AIDS permitiram acesso a grande número de cérebros de pessoas de conhecida inclinação homossexual. É necessário salientar que o uso dessa fonte de material é muito criticada, por apresentar uma série de limitações. Uma dessas limitações é a impossibilidade de utilizar cérebros de mulheres homossexuais, já que a AIDS não tem aumentado a porcentagem de óbitos nesse grupo. O uso de material obtido de cérebros de mulheres homossexuais seria um dos controles necessários para testar a hipótese.

Outra crítica a esses trabalhos tem sido o fato de que, dada a forma de transmissão da AIDS, os cérebros obtidos podem pertencer a um subgrupo de homossexuais masculinos: aqueles que fazem sexo com um grande número de parceiros diferentes. Assim, o tamanho do núcleo hipotalâmico estudado poderia referir-se ao comportamento promíscuo e não à orientação sexual do indivíduo. Segundo os autores, a alteração no tamanho do núcleo não poderia ser

uma conseqüência da infecção pelo vírus porque todos os incluídos no estudo – heterossexuais ou homossexuais – morreram de AIDS (ou seja, tinham o vírus). Outros estudos, no entanto, mostraram que muitos pacientes de AIDS têm níveis baixos de testosterona (hormônio masculino), e que o tamanho do núcleo hipotalâmico em questão depende, em roedores, dos níveis desse hormônio.

Ainda mais importante seria estabelecer se o tamanho do núcleo NI3HA é a causa ou a conseqüência da orientação sexual do indivíduo. Sabe-se que o desenvolvimento de diversos comportamentos, e mesmo de habilidades cognitivas, pode alterar a estrutura das áreas do sistema nervoso central que os regulam. Se, ao contrário, o tamanho do núcleo NI3HA é determinado geneticamente, a prevalência da homossexualidade – de 2% a 5% da população em geral, segundo Anne Fausto-Sterling e E. Balaban (1993) e Byne (1994) – é enormemente superior ao que se poderia calcular em função da ocorrência de mutações.

Caso exista essa determinação genética, por que a evolução, que seleciona os mais aptos (o que inclui a capacidade reprodutiva), teria conservado ao longo de milênios um gene que determina menor tamanho para certo núcleo hipotalâmico, levando certos indivíduos a apresentarem comportamento homossexual?

A sociobiologia, área da ciência que estuda a influência da seleção natural (durante a evolução) sobre o comportamento social, sugere uma resposta. A homossexualidade teria sido conservada porque o homossexual, que em geral não forma família e não tem a 'carga' dos próprios filhos, ajuda os demais integrantes de sua família e assim o *pool* genético familiar teria mais chance de prosperar, através dos sobrinhos.

A hipótese do determinismo biológico, aparentemente avalizada pelos estudos neuroanatômicos, e o papel que

os sociobiólogos propõem para a homossexualidade na evolução dão a esse tipo de orientação sexual uma aura de 'normalidade' (no sentido de algo que faz parte da natureza humana), dificultando sua classificação como um 'desvio de comportamento'. Talvez por essa razão, os grupos de ativistas pelos direitos dos homossexuais consideram o determinismo biológico mais digno que o determinismo psicológico (que privilegia razões socioemocionais para a homossexualidade). As atividades políticas desses grupos – organização de associações e manifestações públicas – vêm aumentando após os recentes achados neuroanatômicos.



## Hereditariedade OU ambiente?

Na busca de uma causa biológica para a orientação sexual, outros pesquisadores voltaram-se para estudos genéticos, ao invés de investigar a estrutura cerebral. Estudos estatísticos recentes sugerem que irmãos de homens homossexuais têm probabilidade maior de seguirem essa mesma orientação do que homens sem irmãos homossexuais.

Alguns desses estudos, realizados por J. Michael Bailey (da Northwestern University) e Richard C. Pillard (da Boston University), incluem irmãos biológicos não-gêmeos e irmãos adotivos (não-aparentados), além de irmãos gêmeos idênticos e não-idênticos. Tais estudos apresentaram dados paradoxais para quem procura uma causa única da homossexualidade, pois alguns resultados apóiam a hipótese genética e outros a refutam. Gêmeos idênticos têm maior probabilidade de serem ambos homossexuais: 52% coincidem nessa orientação, enquanto em gêmeos fraternos (não-idênticos) a coincidência cai para 22% dos casos.

Tais resultados apóiam uma base genética para a homossexualidade mascu-

lina, pois gêmeos idênticos compartilham todos os seus genes, enquanto os fraternos compartilham apenas metade. Entretanto, no caso de irmãos biológicos não-gêmeos de homens homossexuais, que também compartilham metade dos genes, a coincidência de orientação sexual é de apenas 9%, quando, de acordo com a hipótese genética, a taxa deveria ser necessariamente semelhante àquela dos irmãos gêmeos fraternos.

Além disso, os dados obtidos por Bailey e Pillard mostram que a coincidência de homossexualidade em irmãos adotivos de homossexuais (11%) é muito maior do que as estimativas de homossexualidade da população em geral (2% a 5%), sendo parecida com a de irmãos biológicos não-gêmeos (9%). Tais resultados obviamente desafiam a hipótese genética pura e simples e indicam que o meio ambiente contribui de modo significativo para a orientação sexual do indivíduo.

Estudos de outros pesquisadores também sugerem aumento de coincidência em relação à homossexualidade nos gêmeos idênticos, quando comparados a gêmeos fraternos. Nesses estudos, porém, os indivíduos gêmeos foram criados e educados juntos. Sem saber quais experiências, ao longo do desenvolvimento do indivíduo, contribuem para sua orientação sexual – e se estas experiências são mais iguais entre gêmeos idênticos do que entre gêmeos fraternos – fica difícil destrinchar os efeitos tanto do ambiente quanto dos genes compartilhados pelos irmãos. Para avaliar melhor essa questão, seria necessário obter dados sobre gêmeos idênticos criados separadamente.

A maior contribuição desses estudos genético-estatísticos talvez seja demonstrar que, apesar de possuírem todos os genes em comum e compartilhar do ambiente pré e pós-natal o mais idêntico possível, aproximadamente metade (48%) dos gêmeos idênticos não coincide em relação à homossexualidade. Esse fato

revela que ainda se conhece muito pouco sobre as causas da orientação sexual.

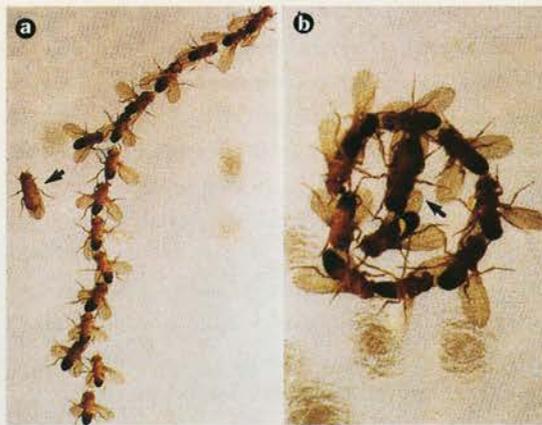


### Existe um 'gene da homossexualidade'?

A possibilidade da orientação sexual ser determinada hereditariamente também vem sendo investigada de forma direta, com base em algumas descobertas curiosas de recentes pesquisas genéticas, como as que envolvem moscas-das-frutas. As moscas-das-frutas reproduzem-se com extrema rapidez, produzindo uma nova geração a cada duas semanas, o que tornou esse animal (*Drosophila*), desde o início deste século, a 'estrela' da pesquisa sobre genes.

Em 1995, Shang-Ding Zhang & Ward F. Odenwald, ao trocar de lugar um só gene de mosca-das-frutas do sexo masculino, observaram que estas passaram a apresentar comportamento homossexual. As moscas geneticamente modificadas colocavam-se em longas fileiras sinuosas, ou círculos (figura 2), efetuando atividades de cortejo sexual com o parceiro imediatamente à sua frente, tocando-o com as patas dianteiras, lambendo os órgãos genitais deste e curvando o abdome na tentativa de conseguir contato de seus órgãos genitais com os do parceiro.

Surpreendentemente, o gene em questão, normalmente colocado na extremidade do cromossomo X, é conhecido dos geneticistas há muito tempo. É chamado de *white gene*, porque, entre outras coisas, exerce influência na cor dos olhos das moscas. Determinada mutação nesse gene dá origem a moscas de olhos brancos, ao invés dos olhos vermelhos normais. A função desse gene, já identificada (produzir uma proteína que facilita a entrada do aminoácido triptofano nas células), pode fornecer algumas pistas sobre as causas bioquímicas da homossexualidade. A alteração nos níveis de triptofano, por exemplo, pode



**Figura 2. O cortejo sexual entre moscas do sexo masculino geneticamente transformadas evidencia-se sob a forma de longas cadeias (a) e círculos (b), nos quais os participantes exibem atitudes de cortejo sexual repetidamente sem provocar sinais de rejeição. Raramente os participantes se distanciam dos seus parceiros para cortejar as fêmeas que deles se avizinham (setas).**

reduzir os níveis de serotonina nas células nervosas e desencadear o comportamento homossexual, como foi comprovado em experiências com ratos, coelhos e gatos submetidos a dietas e drogas que baixam os níveis de serotonina.

Zhang e Odenwald não pretendem explicar as complexas variações no comportamento homossexual masculino humano (ver 'Identidades sexuais e escolha de parceiros') a partir de um único gene encontrado em moscas-das-frutas. Eles demonstram, inclusive, que o fator ambiental também desempenha um papel no comportamento sexual masculino: quando são misturados, na mesma população, machos transformados geneticamente (com comportamento homossexual) e machos não-alterados (com comportamento heterossexual), os últimos a princípio rejeitam os outros. Entretanto, a intensa exposição ao cortejo sexual faz aumentar significativamente o número de machos não-alterados participando ativamente de atividades homossexuais.

Também existem pesquisas sobre um suposto 'gene da homossexualidade' em humanos, envolvendo irmãos homossexuais. Dean Hamer e colaboradores, em 1993, concentraram os estudos nesse sentido nas famílias de homens homossexuais que assumiam abertamente essa condição. Ao descobrirem que o número de homossexuais, identificáveis como tais, era significativamente maior no ramo materno das famílias, selecio-

naram um subgrupo de famílias que demonstravam esse fenômeno claramente e nas quais havia um par de irmãos homossexuais.

Os cientistas examinaram, nessas famílias, o cromossomo X, o único sistematicamente herdado pelos homens de suas mães, à procura da existência de alguma região semelhante nos pares de irmãos selecionados, que aparecesse com maior frequência do que se poderia atribuir ao acaso e que pudesse ser vinculada à sua identidade homossexual. Hamer e seus colaboradores encontraram uma região completamente idêntica, para todos os marcadores genéticos usados nas pesquisas, em 33 dos 40 pares de irmãos estudados.

Essa região, denominada Xq28, situa-se no braço longo do cromossomo X e provavelmente contém várias seqüências de genes (figura 3). A descoberta levou à hipótese de que um – ou um grupo – desses genes influiria na identidade sexual desse subgrupo de homens, que inclui de 5% a 30% de todos os homens homossexuais, segundo Hamer. Hamer admite que a influência genética poderia ser indireta, operando juntamente com outros genes, e que poderia existir ainda um gene para a intensidade do impulso sexual, determinando o tipo de expressão sexual do indivíduo. Não há qualquer estudo, por exemplo, a respeito da atuação dos genes contidos no cromossomo Y, presente apenas em indivíduos do sexo masculino e pouco

estudado (figura 4).

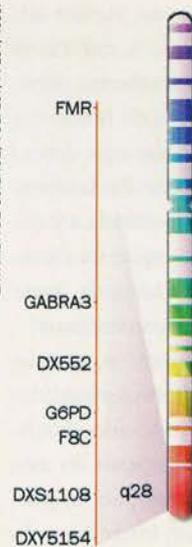
Os resultados de Hamer são com frequência interpretados, erradamente, como se ele tivesse demonstrado que esses 33 pares de irmãos compartilham a mesma seqüência q28. Na verdade, o que o estudo mostrou é que cada indivíduo dos 33 pares compartilha a mesma região q28 apenas com seu irmão, e não com qualquer dos indivíduos dos outros 32 pares. Nenhuma seqüência específica Xq28 – o suposto ‘gene da homossexualidade’ – foi identificada em todos os 66 homens.

Infelizmente, a equipe de cientistas não examinou a região Xq28 dos irmãos

heterossexuais desses pares de irmãos homossexuais, para verificar quantos compartilham as mesmas seqüências. Hamer argumenta que a inclusão dos irmãos heterossexuais teria atrapalhado a análise, pois esse gene associado à homossexualidade pode apresentar penetração incompleta – o que significa que homens heterossexuais poderiam carregar o gene sem expressá-lo. A inclusão de homens heterossexuais nesse estudo, no entanto, poderia ter revelado que alguma coisa, além dos genes, influencia a orientação sexual do indivíduo.

Como Hamer e Copeland explicam claramente no livro *The science of desire*

EXTRAÍDA DE SCIENCE, VOL. 261, P. 291, 1993.



**Figura 3. A análise genética de 40 pares de irmãos homossexuais (em famílias nas quais a homossexualidade manifesta-se com maior frequência no ramo materno) permitiu reconhecer através de diferentes marcadores genéticos – uma região no cromossomo X que aparentemente conteria um ou mais genes responsáveis pela homossexualidade.**

## Identities sexuais e escolha de parceiros

A observação do comportamento sexual humano levou à identificação de algumas características básicas da expressão da sexualidade. Tais características compõem a identidade sexual que, em seu sentido mais amplo, envolve três aspectos: o sexo biológico, a identidade de gênero (papel sexual representado – como o indivíduo se sente e aparenta ser: masculino ou feminino) e a escolha do parceiro (orientação sexual – hetero ou homossexual).

Várias combinações são possíveis entre esses aspectos.

No indivíduo ‘heterossexual’, a identidade sexual é definida pelos órgãos genitais com que nasce, a identidade de gênero também coincide com os órgãos sexuais e a escolha do companheiro sexual orienta-se para o sexo oposto.

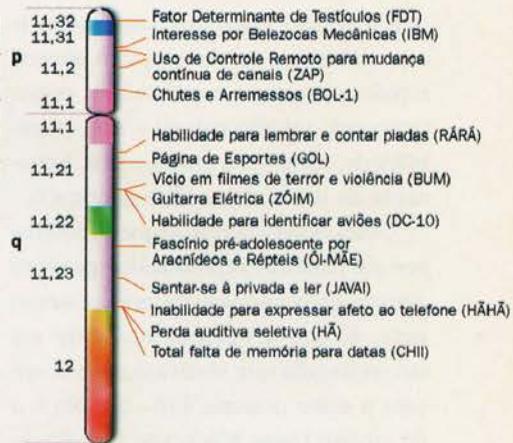
No ‘homossexual’, a identidade sexual também coincide com os genitais e a escolha do parceiro sexual se orienta para o mesmo sexo.

O ‘bissexual’ tem identidade sexual e de papel representado de acordo com seu gênero, mas escolhe alternativamente, como companheiro sexual, pessoas do mesmo sexo ou do sexo oposto.

‘Travestis’ são indivíduos cuja identidade biológica corresponde ao sexo com que nasceram, mas a identidade de gênero inclina-se para o sexo oposto. No entanto, ao escolher o parceiro sexual, os travestis podem ser homossexuais ou heterossexuais. Homens podem vestir-se como mulheres para ter relações com outros homens (travestis homossexuais) ou com mulheres (travestis heterossexuais), e o mesmo comportamento pode ocorrer com mulheres.

O ‘transsexual’, ao contrário do travesti, tem sua identidade de sexo biológico alterada: sente-se mulher em um corpo de homem ou homem em um corpo de mulher, não aceitando seus genitais. Alterna a identidade de papel social representado entre um e outro gênero, mas como parceiro sexual não duvida em escolher alguém que ele considera do sexo oposto (já que sua identidade sexual está alterada). O ‘transsexual’, por isso, considera-se heterossexual e, muitas vezes, deseja submeter-se a uma intervenção cirúrgica para troca de genitais, ao contrário do travesti.

EXTRAÍDA DE SCIENCE, VOL. 261, P. 679, 1993.



**Figura 4. O cromossomo Y, encontrado apenas em indivíduos do sexo masculino, é negligenciado por muitos geneticistas, embora pesquisas recentes sugiram que pode conter vários genes. Esse pequeno fragmento foi até objeto de piada na revista *Science*, que publicou um curioso ‘mapa’ do cromossomo Y, ‘construído’ pela geneticista Jane Gitschier com contribuições de vários colegas, localizando alguns ‘genes’ responsáveis por certos ‘tipos clássicos’ de comportamento masculino. A brincadeira chegou a ser exibida, em um simpósio, por Francis Collins, diretor do Projeto Genoma, que visa mapear todo o código genético humano.**

(*A ciência do desejo*), o estudo identificou apenas uma região cromossômica que, de maneira ainda não definida, influiria sobre a orientação sexual e/ou sua ex-

pressão em alguns homens. Hamer admite não ter demonstrado a existência de um gene que influi diretamente sobre o desejo sexual da maioria de homens e mulheres, seja como for que esse desejo se expresse ou se concretize. Ele também aceita que não está demonstrada a existência de uma entidade bioquímica caracterizável que possa ser chamada 'gene homossexual' ou 'gene heterossexual'.

Admitindo-se, por hipótese, a existência de um 'gene da homossexualidade', como esse teria permanecido, durante a evolução humana e apesar do mecanismo da seleção natural, se os portadores não demonstram interesse pelo sexo oposto e, em consequência, pela reprodução? Uma das sugestões é a de que a versão Xq28 dos homossexuais seja mutante e se altere com a mesma rapidez com que é expurgada da população pela seleção natural – essa possibilidade, aplicável a outros casos, é chamada de teoria do conflito genômico.

Outra explicação é a de que os homossexuais teriam se reproduzido em níveis virtualmente normais até pouco tempo atrás, já que a homossexualidade era tão rechaçada que restavam poucas opções a essas pessoas. Um exemplo é o do escritor Oscar Wilde, que teve filhos, e cuja condenação judicial por homossexualismo completou seu centenário em 1995. Essa explicação estaria apoiada na constatação de que atualmente, nos Estados Unidos, o número de filhos de homossexuais é 10 vezes menor que o de heterossexuais, quando há 20 anos era apenas cinco vezes menor.



### Os perigos do reducionismo

É sempre tentador sugerir uma origem biológica para a homossexualidade, mas essa abordagem apresenta dois defeitos principais. O primeiro refere-se aos perigos potenciais de explicar comportamentos humanos através da genética,

atitude responsável por muitos erros através da história. Muitos anatomistas do século passado, por exemplo, acreditavam que suas medições de cérebros justificavam os preconceitos sociais da época. O segundo problema desse tipo de explicação consiste na ultra-simplificação, já que a ciência sabe o quanto é intrincada a realidade dos seres humanos.

Na prática agropecuária, é comum segregar bezerras e bezerras para evitar que estas engravidem ao atingir a puberdade, quando ainda não completaram o desenvolvimento corporal. Durante o período de segregação, tanto os machos quanto as fêmeas apresentam comportamentos homossexuais, rapidamente 'esquecidos' quando os animais, já adultos, são misturados novamente. Embora com outros componentes psicoafetivos, exemplos similares parecem ocorrer, em humanos, nas prisões e nos colégios internos.

Com a intenção de descartar a origem cultural da homossexualidade, cientistas como Allen Edwardes e R.E.L. Masters descreveram detalhadamente – em 1962, no livro *The cradle of erotica* (*O berço do erotismo*) – os costumes de alguns povos primitivos nos quais a iniciação sexual dos rapazes é tradicionalmente homossexual. Segundo Byne (1994), até a década passada existiam tribos indígenas sambias, na Nova Guiné, nas quais os garotos mantinham relações sexuais orais (felação) com homens adultos, deglutindo o sêmen, pois acreditavam que este contém o espírito da virilidade, que desse modo iria incorporar-se no organismo de cada garoto. Essa crença parecia confirmada quando, ao atingir a puberdade, os garotos iniciavam sua própria espermatogênese. O relacionamento homossexual era interrompido e o índice de homossexualidade nesse povo não era diferente daquele do gênero humano em geral.

Tais observações, aliadas a descrições antropológicas semelhantes, foram muitas vezes usadas para demonstrar



que a homossexualidade não é cultural. No entanto, o estudo cuidadoso das antigas culturas grega e árabe, nas quais a homossexualidade e a bissexualidade constituíram práticas muito disseminadas na sociedade (figura 5), revela dados que não permitem menosprezar a influência cultural, como afirmam os próprios Edwardes e Masters e ainda Kenneth J. Dover (1989).

Como a realidade dos comportamentos humanos é complexa, nenhum dos



**Figura 5. Vaso grego típico do período clássico (cinco séculos antes de Cristo), ilustrando a arte erótica da época (Coleções de Antiguidades, Munique). Ao centro está representado um casal homossexual: um homem corteja um jovem que leva uma grinalda na mão, ladeados por outros dois homens, cujas imagens sugerem que também se movem em direção um ao outro. Uma vez que as relações sexuais estavam associadas a festividades, muitas vezes os parceiros em proximidade sexual são retratados com uma grinalda nas mãos. De acordo com a convenção estética grega, os homens mais velhos aparecem com barba. Em outras pinturas desse tipo, diversos animais são frequentemente retratados como presentes de cortejo sexual: galos, lebres, raposas, cervos (como no caso aqui retratado), cachorros ou cavalos são oferecidos ao homem mais velho para que cuide da educação do mais jovem, em todos os seus aspectos.**

to os irmãos o fazem? Como todos os relacionamentos são obviamente recíprocos, o desempenho específico do pai ou da mãe depende em parte de estímulos e respostas que o filho provoca. Portanto, o tamanho de um dos núcleos do hipotálamo – por si só – não exclui a visão freudiana: certos comportamentos biologicamente determinados na fase pré-genital em um dos filhos poderiam estimular determinadas atitudes nos pais quando estes se relacionam com ele.

Mesmo assim, é difícil acreditar que exista uma causa única para a homossexualidade. Ao fazer uma autópsia, um médico não pode deduzir, baseando-se apenas no tamanho do núcleo número 3 do hipotálamo anterior, que o indivíduo morto era homossexual e tentou enganar a todos mantendo-se casto, ou casando-se e tendo muitos filhos.

Enfim, sempre que se analisa a hipótese do determinismo – seja ele biológico ou psicológico – vem à lembrança um parágrafo do livro *Small is beautiful (O pequeno é belo)*, publicado em 1975 por E.F. Schumacher, talvez pelo fato de nele reconhecemos a importância da pesquisa científica:

“Quando Deus criou o mundo e as pessoas que nele viveriam – um trabalho

que, de acordo com a ciência moderna, exigiu muito tempo –, imagino que Ele argumentou consigo mesmo da seguinte forma: ‘Se Eu faço tudo previsível, esses seres humanos, aos quais dei excelentes cérebros, certamente aprenderão a prever tudo, e assim não encontrarão motivo algum para fazer qualquer coisa, pois reconhecerão que o futuro é totalmente determinado e não pode ser influenciado por qualquer ação humana. Se, ao contrário, Eu faço tudo imprevisível, eles aos poucos descobrirão que não há qualquer base racional para tomar decisões e, como no primeiro caso, não terão mais motivos para agir. Nenhum dos dois esquemas faria sentido. Devo então criar uma mistura dos dois, fazendo algumas coisas previsíveis e outras imprevisíveis. Eles terão então, entre muitas outras coisas, a importante tarefa de reconhecer qual é qual.’”

#### **Sugestões de leitura:**

- ARNOLD, A.P. & GORSKI, R.A. ‘Gonadal steroid induction of structural sex differences in the central nervous system’, in *Annual Review of Neuroscience*, vol. 7, pp. 413-442, 1984.
- BYNE, W. ‘The biological evidence challenged’, in *Scientific American*, nº 270 (5), pp. 26-31, 1994.
- DOVER, K.J. *Greek homosexuality*. Harvard University Press, 1989.
- GLADUE, B.A.; BEATTY, W.W.; LARSON, J. & DENNIS STATON, R. ‘Sexual orientation and spatial ability in men and women’, in *Psychobiology*, vol. 18 (1), pp. 101-108, 1990.
- LeVAY, S. & HAMER, D.H. ‘Evidence for a biological influence in male homosexuality’, in *Scientific American*, nº 270 (5), pp. 20-25, 1994.
- MCCORMICK, C.M. & WITELSON, S.F. ‘A cognitive profile of homosexual men compared to heterosexual men and women’, in *Psychoneuroendocrinology*, vol. 16 (6), pp. 459-473, 1991.
- MONTES, G.S. & LUQUE, E.H. ‘Homosexualidad: análisis de la hipótesis del determinismo biológico’, in *Revista Chilena de Anatomía*, vol. 13 (2), pp. 125-130, 1995.
- ZHANG, S. & ODENWALD, W.F. ‘Misexpression of the white (w) gene triggers male – male courtship in *Drosophila*’, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 92, pp. 5.525-5.529, 1995.

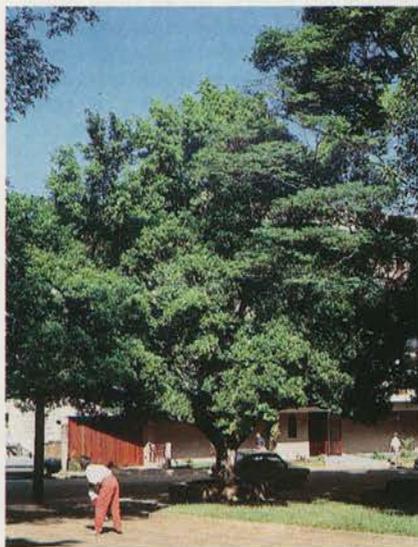
# Figueira-asiática, a invasora de cidades

*Árvore que cresce em rachaduras  
de muros e paredes pode ameaçar a ecologia urbana*

Desde os tempos antigos, muitas espécies vegetais foram transportadas pelo homem para locais onde não ocorrem naturalmente. Tais espécies – conhecidas como exóticas – são usadas com diversas finalidades: ornamentação, produção de alimentos, extração de medicamentos e outros. Entre as plantas ornamentais, muitas não produzem sementes e só se reproduzem, por outros meios, com auxílio humano. Algumas espécies exóticas, no entanto, podem escapar a esse controle, obtendo sua reprodução e tornando-se invasoras de áreas cultivadas e urbanas – essas espécies ainda são pouco conhecidas no Brasil.

Uma dessas plantas invasoras é a figueira-asiática (*Ficus microcarpa*), que há alguns anos começou a se reproduzir sem ajuda humana em diversas cidades brasileiras. Nesse caso, porém, um amplo estudo, iniciado em 1986 e ainda em desenvolvimento, está tornando a espécie melhor conhecida e fornecendo subsídios para seu manejo. O objetivo do trabalho é restabelecer o convívio harmonioso entre a espécie vegetal e o homem.

A figueira-asiática é uma árvore de grande porte (figura 1), originária do Sudeste Asiático, trazida para o Brasil ainda no tempo do Império. No país, foi largamente utilizada na arborização de praças, parques e ruas, por produzir abundante sombra, com seus ramos horizontais, e ainda oferecer belo efeito decorativo, com suas folhas verde-escuras contrastando com as infrutescências avermelhadas (as figueiras não têm frutos simples, e sim conjuntos de minúsculas flores envolvidas em pequenas cápsulas quase esféricas, os figos).



**Figura 1. Indivíduo adulto da figueira-asiática (*Ficus microcarpa*).**

Durante mais de um século, a espécie não se reproduziu no Brasil por sementes, mas somente por estacas. A figueira-asiática não produzia sementes porque a vespa polinizadora específica dessa espécie não existia no país, impedindo a polinização de suas flores – cada espécie de figueira está associada a uma minúscula vespa polinizadora (ver 'Figos e vespas sobrevivem juntos', em *Ciência Hoje* nº 116).

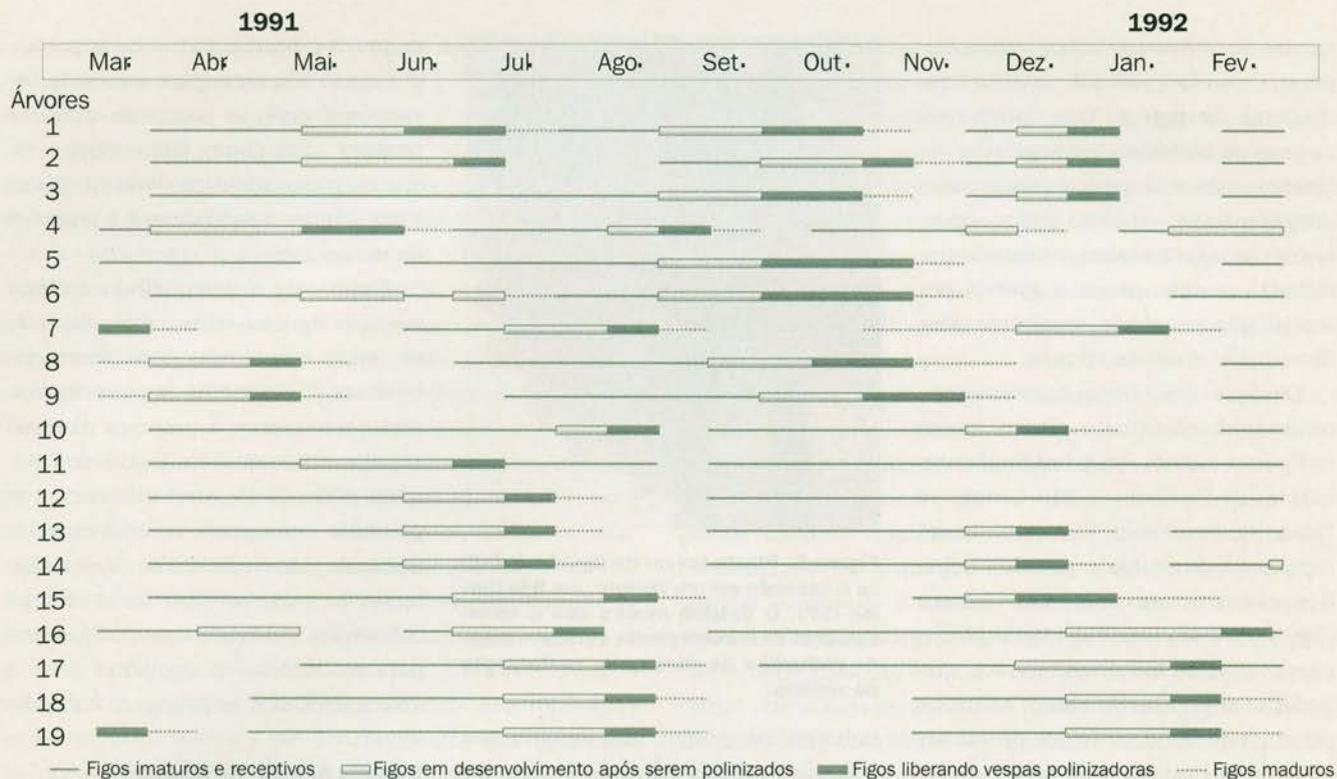
Em 1986, a coleta de infrutescências de figueiras-asiáticas existentes em várias cidades do Estado de São Paulo revelou que não possuíam sementes, embora estivessem maduras. O amadurecimento acontecia por ação de outra pequena vespa (*Walkerella microcarpae*), que passava seu ciclo de vida dentro dos figos, sem polinizá-los. Ao depositar seus ovos nas flores, essa vespa desencadeava o amadurecimento dos múltiplos frutos, processo conhecido como partenocarpia. A ausência de

sementes continuou a ser observada nos anos seguintes, mas em 1990 essa história mudou. Começaram aí as preocupações com essa árvore exótica.

A partir daquele ano, em várias cidades de São Paulo, assim como do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe, foram encontradas sementes nos figos, constatando-se, ao mesmo tempo, a presença da vespa *Eupristina verticillata*, responsável pela polinização da figueira-asiática em sua região de origem. Essa vespa chega à figueira com figos receptivos ao cair da noite. Uma ou duas vespas entram em cada figo – uma árvore pode produzir milhares de pequenos figos –, depositam seus ovos e polinizam as flores. Essas vespas, denominadas fundadoras, morrem no interior dos figos. Após um mês, fêmeas e machos da prole emergem e copulam. Os machos fazem um orifício na parede do figo, por onde as fêmeas, já fertilizadas e carregadas de pólen, saem à procura de outra árvore com figos receptivos, completando o ciclo.

Esse ciclo nunca se quebra, porque as várias árvores de figueira-asiática presentes nas cidades florescem em intervalos diferentes de tempo, proporcionando figos receptivos ao longo de todo o ano (figura 2). A polinização feita por *Eupristina verticillata* não é afetada pelas presenças simultâneas das vespas *Walkerella microcarpae* e *Phylotrypesis emeryi*, outra espécie não-polinizadora surgida também em 1990.

A vespa polinizadora, também originária do Sudeste Asiático, chegou ao Brasil após lenta migração através das Américas. Nos anos 50, tanto a figueira-asiática quanto sua vespa polinizadora foram levadas para o Havaí, em uma



**Figura 2. Diversas fases de desenvolvimento das infrutescências da figueira-asiática em uma população de 19 indivíduos de uma praça da cidade de São Carlos (SP).**

experiência de reflorestamento. Os cientistas acreditavam que o inseto, com cerca de 1 mm de comprimento, não seria capaz de escapar da ilha, mas alguns anos depois ele foi detectado em outras ilhas do arquipélago havaiano. Surpreendentemente, a vespa atravessou o oceano e foi encontrada na Flórida e nas ilhas Bermudas (Caribe), nos anos 70, e no México, nos anos 80. Essa migração provavelmente continuou ao longo das Américas do Norte, Central e

do Sul, até que, nos anos 90, a vespa alcançou o Brasil.

Os figos, ao amadurecerem, adquirem coloração avermelhada ou arroxeada, exalam um discreto odor adocicado e tornam-se macios (figura 3). Nesse momento, são um alimento disputado por muitos animais: 31 espécies de aves que vivem nas cidades e morcegos frugívoros foram observados consumindo avidamente tais figos. Entre as aves, destacam-se os sabiás, sanhaços, bem-

te-vis, tico-ticos e pombos, além do saí-andorinha (figura 4), ave migratória brasileira.

As sementes germinam após 15 dias ao receberem iluminação e umidade constantes, mas o tempo de germinação é menor (cerca de 10 dias) quando essas sementes estão presentes nas fezes de aves e morcegos – elas podem atravessar o aparelho digestivo desses animais sem perder o poder germinativo. As pequenas plântulas sobrevivem



**Figura 3. Infrutescências maduras da figueira-asiática, apreciadas por aves e morcegos.**



**Figura 4. O saí-andorinha (*Tersina viridis*), ave migratória brasileira, é uma das espécies que se alimentam dos figos maduros.**

FOTO DE J.C. MOTTA-JÚNIOR

FOTO R.A. DE FIGUEIREDO

apenas se estiverem sobre algum suporte, como forquilhas de árvores e rachaduras de muros. Essa característica, somada ao hábito 'estrangulador' da figueira-asiática (a espécie, assim como outras figueiras, envolve a árvore-suporte com suas fortes raízes, acabando por matá-la), permite prever a ameaça potencial que a espécie representa para construções e outras árvores.

Desde a descoberta das sementes, centenas de plântulas e plantas jovens da figueira-asiática foram localizadas nas cidades de Campinas e São Carlos, no Estado de São Paulo. Elas crescem em rachaduras de muros e paredes, telhados, outras árvores e até em viadutos (figura 5). Esses locais são inadequados para o crescimento dessas árvores, que podem atingir 12m de altura. Assim, as plântulas de figueira-asiática devem ser identificadas – pelas prefeituras ou mesmo pelo cidadão comum – e removidas para praças e parques, antes que causem sérios danos. A chegada da vespa



**Figura 5. Planta jovem de figueira-asiática crescendo em um viaduto, em São Carlos (SP). O detalhe mostra que o enraizamento da mesma planta está provocando rachadura na pilastra de sustentação do viaduto.**

polinizadora, porém, não significa que a figueira-asiática não possa mais ser usada como árvore ornamental. Ao contrário, sua permanência em parques e praças é de grande relevância ecológi-

ca, pois a espécie já tornou-se importante recurso alimentar para a maioria das aves frugívoras que vivem nas cidades e também atua como fator redutor de estresse para a população humana, graças à sua sombra, à sua beleza e à presença de muitas aves.

Entretanto, o desequilíbrio ecológico que a figueira-asiática está causando em áreas nativas das Ilhas Bermudas levou os participantes da pesquisa brasileira a monitorar a presença da espécie em várias matas da região de Campinas e São Carlos, para observar se as plântulas conseguem sobreviver nesse ambiente, competindo com espécies nativas. Se essa hipótese se confirmar, caberá aos ecologistas propor medidas para restabelecer o equilíbrio entre a árvore exótica e as paisagens naturais.

**Rodolfo Antônio de Figueiredo**

*Universidade Estadual de Campinas.*

**José Carlos Motta-Júnior**

*Universidade Federal de São Carlos.*

FOTO DE J.C. MOTTA-JÚNIOR

## Êxtase: prazeres e riscos

*A chamada 'droga do amor' pode provocar lesões no cérebro, coração e fígado*

O êxtase, um dos derivados da anfetamina, parece uma pastilha de aspirina, tem poderes excitantes e afrodisíacos e causa profundas alterações comportamentais nos viciados. A anfetamina, descoberta na Alemanha em 1913, foi inicialmente empregada com fins medicinais, mas poucos anos depois passou a ser usada de forma ilegal, para provocar o que vulgarmente é conhecido como 'barato'.

Sob o efeito da anfetamina e de seus derivados, as pessoas apresentam acentuado aumento da capacidade motora,

além de forte sensação de euforia, em decorrência da atuação da droga sobre o sistema nervoso central. Por isso, tais produtos passaram a ser consumidos por atletas como *doping*, para melhorar o desempenho em competições esportivas, e ficaram conhecidos como 'bolinhas'. Verificou-se também que, aplicados como supositórios em cavalos de corrida, aumentavam muito as chances de vitória do animal. Assim, essa prática ilegal virou rotina em quase todos os grandes hipódromos do mundo.

Após a morte de vários atletas e de

numerosos animais de corrida, as anfetaminas foram classificadas como drogas perigosas e sua venda passou a ser controlada. Mesmo assim, os jovens continuaram a consumi-las, buscando em seus efeitos um mundo encantado onde a vida fluísse recheada apenas de prazeres, emoções e sexo.

Inicialmente ingeridas por via oral, passaram depois a ser fumadas, inaladas ou injetadas, na procura do prazer maior. Esse prazer foi encontrado por acaso, quando alguém dissolveu uma pastilha de anfetamina na bebida alcoólica que

consumia. Minutos depois, teve uma forte sensação de euforia e bem-estar físico. Em pouco tempo, a prática alastrou-se pelo mundo, causando muitas mortes.

A anfetamina e seus derivados atuam, no organismo humano, estimulando o sistema cardiovascular e provocando anorexia (perda de apetite) e hipotermia (redução da temperatura). Se usados sob orientação especializada, tais produtos constituem valioso medicamento. No entanto, esse tipo de indicação ficou em plano secundário, uma vez que atualmente o consumo ilegal envolve cerca de 90% da produção.

Para os países do Primeiro Mundo, o consumo exagerado passou a representar um problema de conseqüências imprevisíveis. O governo dos Estados Unidos, por exemplo, já está se preparando para evitar o possível aumento do uso ilegal das anfetaminas e de seu principal derivado, o êxtase, previsto para o início do próximo século. Caso isso ocorra, apesar de todas as medidas preventivas, a Agência Americana de Combate às Drogas (DEA) prevê uma imensa onda de violência e morte no país.

O êxtase – conhecido pelos cientistas como 3-4-metileno-dioximetanafetamina, ou MDMA – é apelidado, na intimidade dos viciados e dependentes, de *ecstasy*, *speed*, *ice*, *meta*, *crystal*, E, X e XTC. No entanto, seja qual for a denominação, o que importa, e isso merece reflexão mais profunda, é saber por que tantos jovens, mesmo conhecendo sua ação devastadora sobre o organismo, continuam a consumi-lo. O efeito maléfico da droga atinge especialmente o fígado, o coração e o cérebro. Isso ficou comprovado por autópsias realizadas pela Universidade de Sheffield, na Inglaterra, em sete pessoas, entre 20 e 25 anos, mortas pela ação do êxtase. Todas as amostras analisadas apresentavam grandes extensões de tecido necrosado e sinais de icterícia na pele e nas mucosas. Os resultados foram publicados na

Inglaterra, em janeiro de 1996, em uma revista de patologia clínica (*Journal of Clinical Pathology*).

### Droga da moda

Encontrado praticamente no mundo inteiro, o êxtase é a segunda droga mais popular nos países da Comunidade Européia, perdendo apenas para a maconha. Tal popularidade deve-se ao fato de ser mais violenta e barata que a cocaína. Seus efeitos começam a ser sentidos entre 20 e 60 minutos após a ingestão. A primeira sensação que desperta é euforia, seguida de dilatação das pupilas, elevação de pressão, desidratação, espasmos musculares e falta de apetite. Em altas doses, provoca ansiedade, pânico, confusão mental, insônia e alucinações visuais e auditivas.

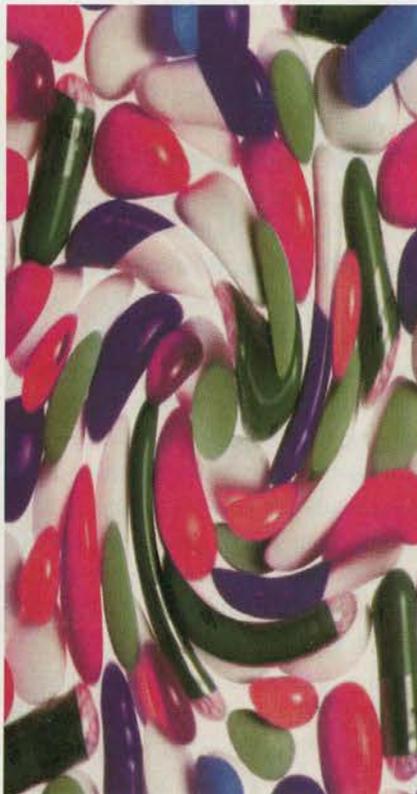
O êxtase tornou-se a droga da moda nas noites do verão (europeu) de 1987, quando foi intensamente usada por milhares de jovens reunidos na famosa praia de Ibiza, na Espanha. Durante vários dias 'rolou o maior barato', emba-

lado pelo ritmo de bandas improvisadas. Os espectadores eram levados ao delírio quando, em um imenso palco, casais ou grupos praticavam *striptease* que terminava em sexo explícito, sob o aplauso da multidão. No final daquela temporada e de outras que se seguiram, o saldo foi bastante negativo: milhões de pastilhas consumidas, muitas mortes por *overdose* (dosagem exagerada), além de milhares de jovens com graves lesões no cérebro, coração e fígado.

Depois desses episódios, o êxtase também passou a ser conhecido como 'droga do amor', porque aparentemente estimula a prática do sexo. Na verdade, ocorre um descontrole emocional que facilita a realização de taras sexuais, não concretizadas em estado normal. Afirma-se também – e é absolutamente falso – que o êxtase aumenta o desejo sexual, o tempo de ereção e a potência masculina, e que torna as mulheres desinibidas e despudoradas, com acentuado apetite para o sexo, de preferência em grupo e com diversos parceiros.

Em altas doses, pode-se sentir o que os viciados chamam *flash*, um leve orgasmo por todo o corpo, semelhante ao efeito causado pela heroína. No entanto, não estão de fato fazendo amor, mas rolando uns sobre os outros, despídos e abraçados, em agitação frenética sob a ação da droga, até a exaustão. Ao contrário do que é propalado, com o tempo o êxtase provoca impotência, em homens, e frigidez e apatia nas mulheres. Nos dois casos, o prazer real torna-se cada vez mais uma possibilidade remota.

De modo geral, as anfetaminas – e principalmente o êxtase – produzem ligeira dependência psíquica, que logo evolui para dependência física. Em conseqüência, os usuários apresentam a mente afetada, fortes sinais de compulsão e acentuada tolerância ao produto. Com a interrupção do uso, manifesta-se toda a sintomatologia da síndrome de abstinência, caracterizada por intensas dores musculares, fadiga e surtos depres-



sivos. Para enfrentar esse sofrimento, o dependente procura alívio na droga e o faz obtendo-a a qualquer preço, mesmo que isso acabe custando sua própria vida.

Visando maior efeito, o êxtase está sendo misturado com morfina e cocaína, com heroína e cocaína, ou, mais recentemente, com heroína e LSD (dietilamida de ácido lisérgico). Qualquer desses 'coquetéis' é explosivo, comprovando que não há limites para a busca desse mundo maravilhoso, só existente na imaginação dos doentes, fracos, inseguros e desinformados. Associado a outras drogas, o êxtase leva a excitação ao paroxismo: os usuários dançam e pulam sem parar por várias horas. Tamanha agitação acelera o metabolismo e eleva a temperatura do corpo até 42°C. Isso faz

com que o indivíduo drogado beba água sem parar, mas ainda assim o resultado final é uma forte desidratação e, quase sempre, a morte.

Os sintomas provocados pelo êxtase, puro ou misturado, lembram os da psicose. Muitos viciados, por isso, têm sido classificados equivocadamente como doentes mentais, esquizofrênicos ou paranóicos. A gravidade dos efeitos da droga é de tal magnitude que extrapola a capacidade de raciocínio e de ação. Em Chicago, nos Estados Unidos, um pai viciado decapitou o filho porque este, sob o efeito da droga, dançava, pulava e cantava durante horas. Após diversas tentativas mal-sucedidas para acalmar o filho, o pai o matou por acreditar que estivesse possuído pelo demônio.

Um tema como esse, controvérsido

por natureza, inclusive nos meios acadêmicos, e que causa tamanha inquietação na sociedade, não pode ser discutido apenas com base em hipóteses. São necessários dados concretos que resistam aos mais diferentes argumentos, como as autópsias da Universidade de Sheffield, aqui mencionadas. Uma segunda experiência, que comprova essa tese, ocorreu nos anos 60, quando o uso de anfetaminas passou a ser constante na vida dos japoneses. O governo do país tomou medidas drásticas: com apenas um decreto-lei passou a controlar a produção e a venda desses produtos, de modo que a droga voltou a ser usada apenas com fins medicinais.

**Cid Martins Batista**

*Universidade Federal de Viçosa (MG).*

## Os 'buracos negros' da diversidade

*Estudos no Acre revelam precariedade do conhecimento sobre a flora amazônica*

O conhecimento sobre a diversidade da flora ainda apresenta grandes lacunas, apesar da importância atualmente atribuída ao tema, em especial após a assinatura, por mais de 80 países, da Convenção sobre Diversidade Biológica, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92 ou Eco-92). Essa constatação tem profundas implicações para o Brasil, país que abriga mais da metade da maior área ininterrupta de floresta tropical em todo o mundo, a Amazônia, e ao qual cabe, segundo a Convenção, preservar e explorar de forma sustentável essa riqueza animal e vegetal. Sabemos o suficiente para gerenciar a biodiversidade dessa floresta? Especificamente no caso da diversidade vegetal, considerada o tesouro dos recursos genéticos, o que sabemos?

O estado do Acre serve como exemplo da amplitude do atual conhecimento sobre a biodiversidade amazônica. Grande parte do território estadual é área considerada de mais alta prioridade para conservação, com base em levantamentos de diversidade animal. Mas a flora regional também tem características que impõem o mesmo critério: apresenta certo grau de endemismo (algumas espécies só existem ali ou em regiões próximas), é um dos bancos de diversidade genética de espécies amazônicas cultivadas (como o amendoim) e possui fortes afinidades florísticas com áreas vizinhas da Bolívia e do Peru (inclusive com influência andina).

Para quantificar a diversidade florística da região, a Universidade Federal do Acre (UFAC), em convênio com o Jardim Botânico de Nova York, desenvolve des-

de 1990 um projeto de pesquisa sobre florística e botânica econômica do estado. A iniciativa, que inclui coletas de plantas e levantamentos da flora, constitui hoje um dos mais vigorosos programas de coleta sistemática realizados na Amazônia brasileira, fora do eixo Manaus-Belém.

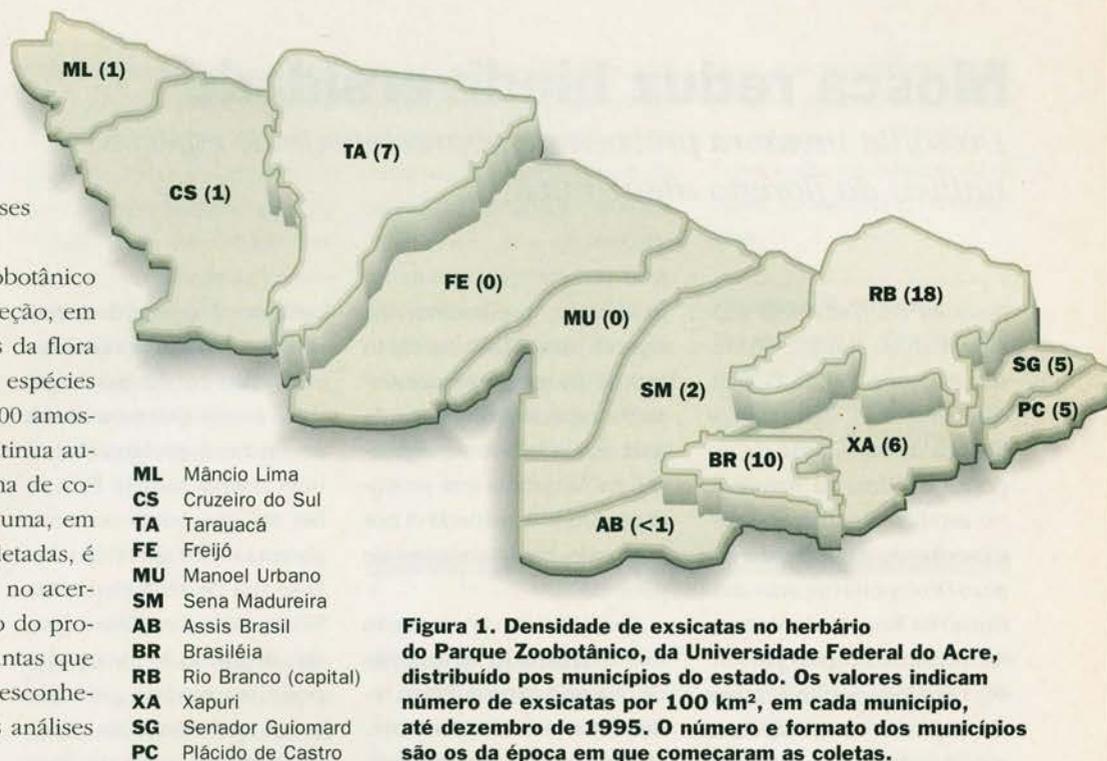
Uma das chaves para o sucesso desse tipo de pesquisa é a existência de um herbário adequado para guardar a coleção de plantas secas (exsiccatas), identificadas por taxonomistas, que servirá como referência para estudos sobre biodiversidade, taxonomia, biotecnologia, recursos genéticos e outros. Qualquer plano de aproveitamento da imensa diversidade da flora amazônica dependerá da identificação segura das plantas, o que torna indispensável um bom herbário, com exsiccatas represen-

tativas das espécies vegetais – essa informação é importante inclusive para as decisões sobre concessão de incentivos para exploração desses recursos.

O Herbário do Parque Zoológico da UFAC mantém a maior coleção, em toda a Amazônia, de exsicatas da flora acreana, com cerca de 2.500 espécies representadas entre quase 8.000 amostras registradas – total que continua aumentando, através do programa de coleta. Essa relação sugere que uma, em cada três ou quatro plantas coletadas, é uma espécie ainda inexistente no acervo do herbário. Desde o início do programa, foram coletadas 10 plantas que parecem ser espécies ainda desconhecidas – estão sendo realizadas análises para a confirmação.

Tal quantidade de exsicatas pode parecer grande, mas torna-se minúscula quando relacionada à área do estado. O herbário possui, em média, quatro exsicatas para cada 100km<sup>2</sup> (equivalentes a 10 mil hectares), densidade que torna-se ainda mais dramática quando se leva em conta que mais de 90% do Acre são cobertos por florestas. Outra maneira de expressar essa densidade é relacionar o número de exsicatas ao de árvores cujos troncos têm diâmetro maior que 10 cm. Estimando que existem cerca de quatro milhões dessas árvores em 100km<sup>2</sup> de floresta (ou seja, quatro em cada área de 10m por 10m), o herbário tem, para cada milhão de árvores, uma exsicata. Em função dessa amostragem reduzida, ainda não foi possível estimar o total de espécies vegetais que ocorrem no estado. Diante do desafio de conhecer toda a flora amazônica, esse programa pode ser comparado à tentativa de encher um balde d'água usando um conta-gotas.

Além da baixa densidade média, a distribuição das coletas no Acre é heterogênea: a densidade de coleta, em cada município, varia de zero até 18 por 100 km<sup>2</sup> (ver figura 1). Os municípios



**Figura 1. Densidade de exsicatas no herbário do Parque Zoológico, da Universidade Federal do Acre, distribuído pelos municípios do estado. Os valores indicam número de exsicatas por 100 km<sup>2</sup>, em cada município, até dezembro de 1995. O número e formato dos municípios são os da época em que começaram as coletas.**

onde não há qualquer coleta cobrem cerca de 41 mil km<sup>2</sup> (27% da área do estado, equivalentes à superfície do Estado do Rio de Janeiro) e fazem parte de regiões consideradas, com base em distribuições de animais, de alta prioridade para conservação. Essa disparidade nas coletas ocorre em toda a Amazônia brasileira, e não apenas no Acre, como revelam estudos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Tais lacunas – ou ‘buracos negros’ de conhecimento sobre a biodiversidade – dificultam qualquer plano de gerenciar os recursos naturais da região.

A velocidade atual de coletas da flora amazônica não é animadora, em especial diante da crescente ocupação da região, com a conseqüente derrubada da floresta e, muitas vezes, com a realização de queimadas de grande poder destrutivo. Mesmo o programa de coleta do Acre, um dos mais ativos, com a média de 2.000 exsicatas por ano, avança lentamente diante da imensidão da diversidade da flora estadual. Ao mesmo tempo, a desestruturação de culturas tradicionais (índios, seringueiros, caboclos

e outros) resulta em enorme perda de conhecimento sobre a ecologia das plantas da região e seu uso humano (na alimentação, na medicina etc.).

Essa combinação de lento progresso científico, obtido através de coletas e pesquisas insuficientes, e de perda às vezes rápida do conhecimento tradicional sobre a flora da Amazônia é preocupante, por suas sérias implicações para o uso sustentável daqueles recursos naturais renováveis.

**Marcos Silveira**

**Nívia Maria Carvalho de Paula**

*Departamento de Ciências da Natureza,  
Universidade Federal do Acre.*

**Irving Foster Brown**

*Centro de Pesquisas de Woods Hole,  
Universidade Federal Fluminense.*

**Hélida Bruno**

**Nogueira Borges**

*Universidade Estadual de Campinas.*

**Douglas Daly**

*Instituto de Botânica Sistemática,  
Jardim Botânico de Nova York.*

**Lucimar Araújo Ferreira**

*Fundação de Tecnologia do Estado do Acre.*

## Mosca reduz biodiversidade

*Drosófila invasora provoca desaparecimento de espécies nativas da floresta amazônica*

Pesquisa realizada pela ecóloga Marlúcia Martins, do Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém (PA), alerta para os perigos da introdução de espécies exóticas na natureza. Ao estudar o padrão de distribuição de espécies do gênero *Drosophila* (moscas-das-frutas) na Reserva de Mocambo, próxima à capital paraense, a ecóloga verificou que a *Drosophila malerkotliana*, introduzida naquela área florestal, alterou a composição e a estrutura da comunidade de drosófilas e sua relação com os recursos alimentares disponíveis na área.

Durante três anos, ela avaliou as estratégias de vida dessa espécie, que, pouco tempo após sua introdução,

passaria a predominar na reserva. Abundante no fruto amapá (*Parabancomia amapa*), a espécie é originária da Ásia, e sua crescente expansão na Amazônia tem provocado queda considerável nos níveis de biodiversidade do gênero.

Em 1950, havia na região estudada cerca de 46 espécies de drosófila, número hoje reduzido a, no máximo, nove. Dados coletados na região mostram que em seis anos a presença da espécie invasora aumentou de 10% para 40%. Como ela consegue chegar aos frutos maduros mais rapidamente que as outras, reduz a quantidade de recursos alimentares disponíveis. "O resultado é o desapare-

cimento das espécies mais sensíveis", observa a ecóloga.

O padrão de biodiversidade é uma das maneiras de se medir a preservação de uma reserva natural. Para saber até que ponto um ecossistema sofreu alterações, isola-se um de seus elementos. No caso das drosófilas, o grau da degradação ambiental pode ser medido pela presença e domínio da mosca invasora e a queda da diversidade total de espécies do gênero.

As drosófilas são altamente sensíveis às características específicas de cada ambiente e têm vida curta, o que reforça seu uso como bioindicador de alterações ambientais ocorridas em breve espaço de



*Drosophila willistoni*, nativa da Amazônia e muito abundante na região, está sendo deslocada pela espécie invasora *D. malerkotliana*.

tempo. Segundo a ecóloga, o grupo servirá de parâmetro para estimar o que está ocorrendo com outros insetos que dependem das mesmas condições ambientais para sobreviver. Outra vantagem do uso da drosófila como bioindicador é o vasto conhecimento existente sobre esse tipo de moscas, hoje um dos animais mais estudados do mundo.

### Nelson Sanjad

Jornalista, colaborador de Ciência Hoje.

## Guardiões do eucalipto

*Percevejos são utilizados no combate às lagartas que atacam os eucaliptais*

Predadores naturais de lagartas, os percevejos podem ser eficientes aliados no controle biológico dessa praga em plantações de eucalipto. Pesquisas do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais, demonstram

que esses insetos são capazes de debelar surtos em eucaliptais sem agredir o meio ambiente: percevejos das espécies *Podisus igrispinus* e *Brontocor stabidus* produzidos em laboratório são liberados em campo, onde se reproduzem e controlam

naturalmente as populações de lagartas.

A aplicação da metodologia desenvolvida na UFV já possibilitou eliminar o ataque de lagartas em uma área de 20 mil hectares (ha) de eucaliptais na região do Alto do Jequitinhonha, norte de

Minas Gerais, onde desde 1988 não mais se recorre ao controle químico. Semanalmente, são liberados no local cerca de cinco mil percevejos produzidos em laboratório. Cada fêmea liberada em campo tem condições de produzir 400 novos insetos em 25 dias. "A partir daí, eles se disseminam por toda a área, destruindo os focos iniciais de lagarta", garante o entomólogo José Cola Zanuncio, coordenador da pesquisa.

Segundo Zanuncio, já fo-

ram observadas pelo menos 30 espécies de lagarta atacando eucaliptais, motivo que o levou a abandonar a alternativa do controle biológico clássico, feito com parasitóides, insetos que geralmente se alimentam dentro da praga em forma de larva. Embora mais fáceis de produzir em laboratório, os parasitóides só atacam uma espécie de lagarta, enquanto os percevejos são os inimigos biológicos mais gerais da praga.

"Precisávamos de um controle mais fulminante, pois uma só árvore de eucalipto costuma ser atacada por duas mil lagartas de várias espécies", argumenta o entomólogo. Ele ressalva, entretanto, que esse tipo de controle só se mostra eficiente em extensas áreas florestais ou em culturas agrícolas perenes, pois o percevejo liberado precisa de alimento em campo.

A próxima etapa da pesquisa visa estimar o número de percevejos necessários para controlar as lagartas em uma área de tamanho determinado. Segundo o pesquisador da UFV, trata-se de um cálculo difícil, pois os

eucaliptais têm árvores muito altas e ocupam em geral áreas extensas. Para obter um resultado aproximado, os percevejos serão colocados em campo dentro de grandes gaiolas, nas quais serão observados para saber quantas lagartas conseguem predar.

Na fase atual do projeto, trabalha-se também com o lançamento em campo de feromônios de percevejos sintetizados em laboratório (ver 'Feromônios no controle de pragas', em *Ciência Hoje* nº 60, p. 32). Substâncias voláteis liberadas pelos insetos para comunicarem-se com indivíduos da mesma espécie, os feromônios são pulverizados nas áreas de plantio para atrair os percevejos ao local do surto de lagartas. As vantagens da estratégia são múltiplas: os feromônios não são tóxicos, degradam-se rapidamente no meio ambiente e requerem quantidades mínimas para viabilizar a comunicação.

Outro enfoque do controle biológico proposto pelos pesquisadores da UFV é o uso de faixas de mata nativa intercaladas nas áreas de



**Adultos do percevejo** *Brontocoris tabidus* **predam a lagarta desfolhadora do eucalipto.**

eucalipto. "Em vez de produzir o predador, criamos para ele as condições naturais de reprodução em campo", explica Zanuncio. Experiência iniciada há três anos na região de Paraopeba (MG), alternando-se corredores de 25m de mata nativa a cada 500m de eucaliptais, revelou enorme queda na população de lagartas desfolhadoras. O pesquisador da UFV atesta que, desde a introdução desse recurso, não foi mais necessário recorrer a qualquer outro tipo de controle de pragas.

O entomólogo espera que, no futuro, os empresários do setor de reflorestamento ve-

jam no uso de faixas nativas um instrumento eficiente tanto para a preservação ambiental quanto para a garantia de seus lucros. Para que esse controle seja feito sem a necessidade de investimentos extras, ele sugere que sejam aproveitados os 20% de área nativa que devem ser mantidos em áreas de reflorestamento, conforme prevê a lei florestal. "Quando se intercala um corredor de mata nativa entre áreas plantadas, mantém-se o equilíbrio do ecossistema", lembra ele.

**Marise Muniz**

*Ciência Hoje/ Belo Horizonte.*

**Assine já**  
**0800 26 4846**



## Amendoim sem fungo

*Prevenção evita contaminação de grãos por substância que causa câncer*

Evitar a contaminação de grãos de amendoim pela aflatoxina B<sub>1</sub>, substância comprovadamente cancerígena, é o objetivo do projeto que pesquisadores da Divisão de Toxicologia e Bromatologia da Fundação Ezequiel Dias (Funed), em Belo Horizonte, desenvolvem em associação com o Instituto Agrônomo de Campinas. De caráter preventivo, o projeto consiste inicialmente em adubar áreas de plantio de variedades de amendoim com sulfato ferroso, para inibir a síntese da aflatoxina pelo fungo *Aspergillus flavus*. Depois de colhidas e inoculadas com o fungo, essas variedades são avaliadas para testar se houve produção da aflatoxina.

“Nosso objetivo é evitar previamente a contaminação, pois depois que ela ocorre é praticamente impossível destruí-la”, afirma o bioquímico Guilherme Prado, coordenador do projeto na Funed. Segundo Prado, para eliminá-la totalmente seria necessário manter o amendoim a uma temperatura de 190°C durante pelo menos 20 minutos, o que destrói também o grão. Testes mostram que os níveis de contaminação da aflatoxina mantêm-se em 50% mesmo quando os grãos de amendoim contaminados são torrados por seis minutos em forno de microondas.

Na fase anterior à colheita, o fungo pode contaminar o grão quando a planta é submetida a estresse provocado por irrigação ineficiente ou quando as condições climáticas favorecem a umidade. Após a colheita, a contaminação ocorre em geral se o processo de secagem é feito de forma inadequada. Quando é colhido, o amendoim apresenta 30% de umidade, índice que deve ser reduzido a, no máximo, 10% para evitar o ataque do fungo. “O produto precisa ser exposto ao sol durante três dias, no mínimo”, recomenda o pesquisador da Funed. Há também riscos de contaminação na fase de armazenamento e transporte, quando o grão não é adequadamente ensacado.

No Brasil, onde a predominância do clima tropical úmido favorece a propagação de fungos toxigênicos, calcula-se que entre 30% e 50% da produção de amendoim estejam contaminados pela aflatoxina. Grãos como o milho e a soja também podem ser atacados pelo fungo *A. flavus*, mas o amendoim é o que se mostra mais vulnerável à contaminação nas condições ambientais do país. Laudos da Funed indicam que os níveis de contaminação chegam a atingir de 200 a 400 microgramas de toxina por quilo do grão, quando o nível



**Colônia de *Aspergillus flavus*, fungo produtor da aflatoxina, substância cancerígena que contamina grãos de amendoim.**

máximo permitido é de 30 microgramas.

A fiscalização do produto requer testes específicos, pois é impossível identificar o grão contaminado pelo seu aspecto. “Um amendoim aparentemente saudável pode conter a toxina”, avisa Guilherme Prado. Para evitar enganos, a Funed vem fazendo o controle mensal em lotes de grãos adquiridos por algumas indústrias fabricantes de derivados do amendoim.

De acordo com estudos da Organização Mundial de Saúde, a aflatoxina está associada principalmente ao desenvolvimento de câncer hepático. Estatísticas mostram que na África, onde o consumo de amendoim mofado é alto, registram-se 110 casos desse carcinoma para cada grupo de 100 mil habitantes, enquanto no Canadá essa proporção é de apenas um por 100 mil. No Brasil, a incidência de câncer hepático é de seis casos por 100 mil. Estudos epidemiológicos feitos no Instituto de Radiologia

e Oncologia de Havana, em Cuba, associam a presença da aflatoxina em urina de seres humanos a doenças como hepatite e cirrose, além do carcinoma hepático.

Atualmente, os pesquisadores da Funed desenvolvem também estudos para verificar a contaminação de fungos toxigênicos em plantas medicinais. “Junto com os princípios curativos, os adeptos de produtos naturais arriscam-se a ingerir substâncias tóxicas nocivas”, alerta Prado. Ele cita estudos do Instituto Nacional de Medicamentos de Buenos Aires, na Argentina, que identificaram o fungo *A. flavus* em 100% das amostras de plantas medicinais, tendo sido detectada a presença da aflatoxina em 13% delas. A Funed já planeja desenvolver, em associação com a Faculdade de Farmácia da UFMG, um projeto de controle das plantas medicinais mais usadas no Brasil.

**Marise Muniz**

Ciência Hoje/ Belo Horizonte.

**AGENDA – 2º SEMESTRE/97**

# **CURSOS DE GIS, GPS E SR**

Em Curitiba – Centro de Excelência em Tecnologias de Geoprocessamento

**AGO/97**  
**18 à 22**

**GEOPROCESSAMENTO**  
**INTRODUÇÃO**  
**- 40 horas -**

**SET/97**  
**22 à 26**

**GIS PARA**  
**PREFEITURAS**

**OUT/97**  
**20 à 24**

**GPS**  
**FUNDAMENTOS**  
**- 40 horas -**

**OUT/97**  
**09**

**GIS PARA**  
**MARKETING E NEGÓCIOS**  
**- 8 horas -**

**NOV/97**  
**03 à 07**

**SENSORIAMENTO REMOTO**  
**E GIS PARA MEIO AMBIENTE**  
**- 40 horas -**

**Comprove o que mais de 2000 usuários de Geoprocessamento do Brasil e exterior já fizeram nos últimos 5 anos.**

**Os melhores instrutores, as melhores instalações e a melhor programação.**

**Realização:**  
**SAGRES, editora da**  
**Revista FATOR GIS e promotora do evento GIS BRASIL,**  
**em convênio com**  
**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ.**



**PUC - PR**

**Tel/Fax (041)264-9807**

**e.mail: fator.gis@sul.com.br**  
**www.fatorgis.com/**

# ASTRONOMIA, SUCATA E INVENTIVIDADE

O óptico autodidata Bernardo Riedel tinha apenas 14 anos quando construiu seu primeiro telescópio, um instrumento ainda tosco feito com tubo de papelão e uma lente de 75 mm de diâmetro, mas que permitia observar os anéis de Saturno, os satélites de Júpiter e as crateras da Lua. A partir daí, começou a estudar por conta própria tudo o que se relacionava à instrumentação óptica, capacitando-se em pouco tempo para desenvolver tecnologia astronômica.

Nos 25 anos seguintes, construiu dezenas de telescópios artesanais, até que em 1978 resolveu dedicar-se de corpo e alma à astronomia. Abandonou a carreira de bioquímico e vendeu o que ti-

nha para montar a B. Riedel Ciência e Técnica, uma oficina de fundo de quintal, em Belo Horizonte, onde ainda hoje transforma peças de sucata e ferro-velho em telescópios de alta precisão, de qualidade óptica comparável à dos melhores aparelhos importados.

Os instrumentos astronômicos de Riedel são feitos basicamente com tubos de PVC pintados, chapas de vidro óptico de 20mm de onde são cortadas as lentes, sucata de alumínio e ferro e muita inventividade. Diante das dificuldades para importar o maquinário apropriado à confecção dos telescópios, ele inventou suas próprias máquinas, adaptando e reconstruindo equipamentos de ferro-velho, adquiridos sobretudo

em leilões de empresas falidas. "Tive que aprender sozinho, recuperando tecnologia de máquinas sucateadas", afirma.

A partir da tecnologia que resgatou de equipamentos adquiridos de uma indústria de fundição de vidros, Riedel montou sua própria fundição de blocos, para fazer espelhos parabólicos. De uma indústria fototécnica, comprou a quilo quatro máquinas, adaptadas para fabricar lentes de alta precisão. Com uma velha máquina dos anos 50, herdada de uma multinacional, construiu ao longo de cinco anos um metalizador a vácuo usado para dar banho de cromo e alumínio nas superfícies ópticas de seus aparelhos. Uma máquina de reti-

fica de válvulas, perdida numa enchente, foi transformada em um eficiente equipamento que abre curvatura em lentes, enquanto um instrumento de geologia abandonado num ferro-velho foi adaptado para determinar a dureza das ferramentas usadas para polir lentes de precisão.

Para fabricar as engrenagens necessárias ao movimento de relojoaria elétrica de um dispositivo acessório dos telescópios, Riedel recuperou e adaptou uma fresadora adquirida de uma indústria mecânica falida. Com peças de sucata diversas construiu uma politriz para espelhos astronômicos. Fornos de pizza arrematados em leilões foram ajustados para aquecer espelhos antes de levá-los à



**Figura 1.** O óptico Bernardo Riedel em sua oficina, ao lado dos quatro modelos de telescópio newtonianos que desenvolveu com peças de sucata.



**Figura 2.** Montagem de uma cúpula de 4m de diâmetro, construída por Riedel para o Observatório Astronômico do Colégio Santo Agostinho, em Belo Horizonte, instalado no alto de um edifício de 13 andares.

FOTOS: B. RIEDEL

câmara de vácuo ou endurecer pequenas peças pintadas com tinta óptica, que ele próprio desenvolveu em sua oficina. Para aperfeiçoar seu sistema de alto vácuo, está recuperando um espectrofotômetro abandonado como sucata.

“Não rejeito nada. Às vezes compro uma peça sem saber o que fazer dela, adaptando-a depois à minha necessidade”, diz. Recentemente, Riedel iniciou um trabalho de minuciosa investigação para recuperar tecnologia na área de alto vácuo, mecânica fina e lentes de alta precisão, através da reconstituição de equipamentos comprados da Sion, empresa de instrumentação óptica instalada em Montes Claros, no norte de Minas Gerais, fechada há dois anos. Segundo ele, a tecnologia utilizada pela Sion é comparável à desenvolvida pela Zeiss, na Alemanha, o mais qualificado fabricante de microscópios do mundo.

## FÁBRICA DE TELESCÓPIOS

Em sua oficina de 220m<sup>2</sup>, onde trabalha no mínimo 10 horas diárias, auxiliado por dois funcionários, Riedel produz de um a dois instrumentos astronômicos por mês. São telescópios newtonianos, cujo sistema óptico tem um espelho primário parabólico e um secundário plano na extremidade anterior do tubo, que desvia a luz para uma ocular onde o operador pode fazer sua observação.

Atualmente, são produzidos em três modelos básicos. O menor e mais barato (R\$ 580) é um telescópio com lentes de 90mm de diâmetro, destinado a iniciar o jovem em astronomia. Embora pequeno, sua qualidade óptica permite ver com nitidez estrelas duplas, os satélites de Júpiter, os anéis de Saturno e as crateras da Lua.

O modelo mediano, com 135mm de abertura, é mais indicado para trabalhos de observações astronômicas em

escolas. A ele pode ser acoplado um dispositivo desenvolvido por Riedel que permite a observação terrestre, a longa distância, de pequenos animais ou objetos. Por meio desse dispositivo é possível, por exemplo, fotografar com precisão pássaros no alto de uma árvore ou minúsculos objetos em regiões inundadas. “É uma espécie de microscópio à distância, com a eficiência de uma potente teleobjetiva”, compara.

Mais sofisticados, os telescópios com lentes de 180 e 260mm são dotados de uma luneta de pontaria com retículo, para facilitar a localização do astro, e de um dispositivo para acompanhamento automático do movimento de rotação da Terra. Trata-se de um mecanismo de relojoaria elétrico que permite a manipulação simultânea por várias pessoas, sem a necessidade de ajuste do telescópio para a localização do objeto observado. No porta-ocular

desses aparelhos, podem ser acopladas máquinas fotográficas ou câmeras de vídeo, permitindo a reprodução de imagens espaciais com alta precisão. Um telescópio de 180mm com todos esses acessórios e uma cúpula de 4m de diâmetro foram instalados recentemente no Observatório Astronômico do Colégio Santo Agostinho, em Belo Horizonte.

No momento, Riedel está construindo o primeiro protótipo de um telescópio cassegrainiano (de Guilhermin Cassegrain, óptico francês do século XVII), com lentes de 260mm de abertura. Diferente dos instrumentos newtonianos, esse modelo tem sistema óptico mais complexo: o espelho primário é parabólico e o secundário, ao invés de plano, é convexo e hiperbólico, devolvendo a imagem ao observador por dentro de um furo existente no espelho. O modelo cassegrainiano é hoje o mais adotado por as-



**Figura 3.** Com peças de ferro-velho e uma velha máquina herdada de uma multinacional, Riedel construiu uma câmara de vácuo para aplicar películas de filme fino em superfícies ópticas.



**Figura 4.** O telescópio refrator do Observatório Astronômico da Escola de Minas de Ouro Preto (MG), dotado de lentes de 200mm de abertura, restaurado por Riedel e hoje em pleno funcionamento.

trônomos profissionais em todo o mundo.

“Meus instrumentos são honestos e feitos com *know-how* inteiramente desenvolvido no país”, afirma o astrônomo, que já construiu cerca de mil telescópios e desenvolveu centenas de inventos na área de instrumentação óptica e de alto vácuo usando recursos próprios, sem qualquer apoio dos órgãos governamentais de fomento à pesquisa. Mas isso não o desanima. Recentemente, desenvolveu um filtro bloqueador de radiação ultravioleta que permite a observação do Sol com grande margem de segurança. Feito de vidro plano esmerilhado, polido e recoberto com uma camada de cromo aplicada a vácuo, o filtro pode ser acoplado a qualquer telescópio e mesmo a lunetas.

“São os melhores equipamentos astronômicos brasileiros, com qualidade óptica igual ou superior a muitos similares importados”, atesta o físico Renato Las Casas, coordenador do Observatório Astronômico da Serra da Piedade, em Caeté (MG), pertencente ao Instituto de Ciências Exatas da UFMG. Segundo



**Figura 5. Construído inteiramente com tecnologia nacional, o telescópio refletor de 510mm do Centro Técnico Aeroespacial, em São José dos Campos (SP), está sendo recuperado por Bernardo Riedel.**

Las Casas, graças ao trabalho de manutenção da parte de instrumentação óptica feito por Riedel, o telescópio do Observatório, instalado há 25 anos, encontra-se em perfei-

tas condições técnicas, apresentando a melhor imagem entre os equipamentos profissionais brasileiros.

Considerado o melhor óptico do país, Riedel é frequen-

temente chamado a dar assistência técnica ou realizar trabalhos de restauração e manutenção em observatórios, universidades e centros tecnológicos. No Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas de Ouro Preto, recuperou e pôs em funcionamento a cúpula e um telescópio refrator com lentes de 200mm de diâmetro, fabricado na Alemanha em 1912 por Gustav Heyde.

No momento, a convite do Instituto de Aeronáutica e Espaço, do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), em São José dos Campos (SP), dedica-se à recuperação de um telescópio cassegrainiano-newtoniano dotado de lentes de 510 mm. O equipamento foi construído nos anos 60 com tecnologia inteiramente nacional. Abandonado há 18 anos, é o primeiro telescópio brasileiro destinado ao estudo da astrofísica de instrumentação. “Com a restauração desse equipamento, estou recuperando tecnologia astronômica de alto nível”, reconhece o inventor.

*Marise Muniz  
Ciência Hoje/Belo Horizonte.*

## 49ª Reunião Anual da SBPC

TEMA GERAL

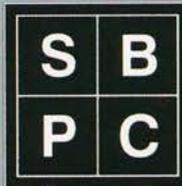
### “Ciência Hoje, Brasil Amanhã”

DE 13 A 18 DE JULHO • UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG)

... 100 anos de Belo Horizonte ...

INFORMAÇÕES FONE: (011) 259-2766 FAX.: (011) 606-1002 E-MAIL: sbpcsp@originet.com.br

49<sup>a</sup>



# Reunião Anual

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Belo Horizonte MG 13 a 18 de julho de 97  
Universidade Federal de Minas Gerais



ciência hoje, Brasil amanhã



# 1º PRÊMIO ANUAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA FRANCISCO DE ASSIS MAGALHÃES GOMES



1º PRÊMIO ANUAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA FRANCISCO DE ASSIS MAGALHÃES GOMES

O Governo de Minas, através da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, está implantando um prêmio anual para profissionais, instituições, jornalistas e estudantes que têm se destacado na área científica e tecnológica. Se você tem algum trabalho importante em ciência e tecnologia, participe. Porque, sem ciência, a vida pára.

**UMA INICIATIVA PIONEIRA DO GOVERNO DE MINAS PARA DIFUSÃO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO ESTADO.**

**FAPEMIG**

**CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**GOVERNO DE MINAS GERAIS**  
**MINAS TRABALHA E FAZ ACONTECER**

**Inscrições:** de 2 de junho a 29 de agosto de 1997, das 9 às 12h e das 14 às 18h, na Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia/SECT-MG. Rua Santa Catarina, 894 - Lourdes. Belo Horizonte - MG. **Informações:** (031) 250-4900.