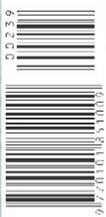


# ciência hoje

REVISTA DE  
DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
DA SBPC

239



VOL. 40  
JULHO  
2007  
R\$ 8,90

**FÍSICA** Modelagem  
de ecossistemas ganha mais  
poder de previsão teórica

**ARQUEOLOGIA**  
Madu Gaspar fala sobre  
a pré-história brasileira

**SPUTNIK** Há 50 anos  
satélite artificial  
inaugurava a era espacial

# AMAZÔNIA

## O desafio mal começou

# Alguns mitos sobre a Amazônia

**Muitos mitos, ao longo da história brasileira**, configuram a Amazônia. Mitos cuja força os faz colar nos olhos dos observadores, de modo que a cada aproximação, a cada tentativa de elucidação, são as formas encantatórias da mitologia que acabam por estabelecer o que é real. Assim, há séculos o espaço amazônico é tido, no mundo moderno e europeu, como sede de mistérios, promessas de juventude eterna e, desde sempre, fonte de tesouros infindáveis. Sérgio Buarque de Holanda, no magnífico livro *Visões do paraíso*, deu-nos o registro dessa inesgotável imaginação mitológica.

Mitos também fazem vítimas. Na década de 1970, algumas visões portadoras de futuros sombrios se abateram sobre a Amazônia: a da inesgotabilidade dos recursos naturais, a da invisibilidade social das populações humanas e a do imperativo do crescimento econômico a qualquer preço. A decantação dessas visões tomou a forma dos grandes projetos, que trouxeram devastação ambiental, ocupação desordenada e, o que parece evidente, incremento de patrimônios financeiros e políticos particulares. A tão propalada integração da Amazônia à economia nacional fez-se às custas de imensas perdas. Ao isolamento histórico, somaram-se, a partir daquela época, os dramas do ambiente e da vida social marcada por desigualdade e destituição.

O desafio que se impõe para o futuro é o de superar a suposta inocência dos mitos paradisíacos, assim como a aberta malignidade da retórica do crescimento a qualquer preço (social e ambiental). A comunidade científica brasileira, mais que se engajar em uma perspectiva preservacionista, tem militado pela necessidade de alargar o conhecimento sobre a região.

Antes de tudo é fundamental que à percepção do espaço amazônico como sede de um patrimônio precioso em termos de biodiversidade se some o reconhecimento de sua sociodiversidade. Em outros termos, a ênfase no conhecimento, na preservação e no uso correto dos recursos da biodiversidade jamais se dará em detrimento do fator humano. O dilema ecológico amazônico não encontrará solução fora do tratamento de seu dilema social.

Isso torna indispensável um esforço científico cooperativo e pluridisciplinar. Os desafios amazônicos interpellam os vários domínios científicos, das humanidades às ciências da vida e exatas, e trazem ainda forte associação com o tema da inovação. Esse esforço de conhecimento desafia paradigmas supostamente bem assentados e confronta nossas formas tradicionais de divisão do trabalho intelectual. É imperativo, também, fortalecer a malha institucional de pesquisa existente na região, desenvolvendo programas multifocais que englobem desde a educação básica e a divulgação científica e consolidando programas de pós-graduação e de pesquisa de ponta.

Não é próprio dos humanos viver sem mitos. Um deles pode ser o da viabilidade de uma forma civilizatória na qual o progresso científico esteja fortemente associado à melhoria das condições de vida e à preservação da natureza. A viabilidade desse mito em muito depende do que faremos à Amazônia nas próximas décadas.

*Renato Lessa*

Diretor Presidente do Instituto Ciência Hoje



**INSTITUTO CIÊNCIA HOJE** • Organização Social de Interesse Público da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. O Instituto tem sob sua responsabilidade a publicação das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on-line* (internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). **ISSN:** 0101-8515

**DIRETORIA**

**Diretor Presidente** • Renato Lessa (IUPERJ)  
**Diretores Adjuntos** • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ) • Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)  
**Superintendente Executiva** • Elisabete Pinto Guedes  
**Superintendente Financeira** • Lindalva Gurfield  
**Superintendente de Projetos Estratégicos** • Fernando Szklo

**CIÊNCIA HOJE • SBPC**

**Editores Científicos** • Ciências Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/UFRJ) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) • Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Humanidades – Ricardo Benzaquen de Araújo (IUPERJ)

**REDAÇÃO**

**Editores Executivos** • Alicia Ivanissevich; **Editora Assistente** • Sheila Kaplan; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Setor Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Fabíola Bezerra, Fred Furtado e Mariana Ferraz • **Colaboraram neste número** André Marques e Jaqueline Bartzan; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho  
**ARTE** • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.  
**Diretora de Arte** • Claudia Fleury; **Programação Visual** • Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira; **Computação Gráfica** • Luiz Baltar; (ampersand@ampersanddesign.com.br)

**SUCURSAIS**

**SÃO PAULO** • Correspondente • Vera Rita da Costa (verarita@cienciahoje.org.br). End.: Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374, Travessa J, sala 232, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP. Tel.: (0xx11) 3814-6656 e Telefax: (0xx11) 3091-4192  
**SUL** • Curitiba • Correspondente • Roberto Barros de Carvalho (chsul@ufpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê. CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (0xx41) 3313-2038. Apoio: Universidade Federal do Paraná

**REPRESENTAÇÕES**

**SALVADOR** • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (caio@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA, CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0xx71) 3263-6660. Fax: (0xx71) 3263-6606

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

**REPRESENTANTES COMERCIAIS**

**BRASÍLIA** • Joaquim Barroncas – Tels.: (0xx61) 226-1824/9972-0741. Fax: (0xx61) 226-1824  
**PRODUÇÃO** • Maria Elisa C. Santos; Irani Fuentes de Araújo  
**RECURSOS HUMANOS** • Luiz Tito de Santana  
**EXPEDIÇÃO** • Gerente • Adalgisa Bahri  
**IMPRESSÃO** • Ediouro Gráfica e Editora Ltda.  
**DISTRIBUIÇÃO** • Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

**CIÊNCIA HOJE** • Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (0xx21) 2109-8999 – Fax.: (0xx21) 2541-5342 • Redação (cienciahoje@cienciahoje.org.br)



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

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

**Apoio**



**ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS**  
**0800 727 8999**

No Rio de Janeiro: (0xx21) 2109-8999  
**CH On-line:** www.ciencia.org.br  
 chonline@cienciahoje.org.br

**PARA ANUNCIAR**  
 TELFAX.: (0xx11) 5083-5025  
 cienciasp@cienciahoje.org.br

**24 Um concerto de múltiplas notas: ciência, tecnologia e inovação na Amazônia**

Para modificar o panorama atual de ciência, tecnologia e inovação na Amazônia é vital promover amplo debate sobre o caminho a ser seguido na região e assegurar mais investimentos e capacitação de pessoal.

Por **Adalberto Luís Val, Sylvia C. de S. Garantizado e Vera Maria F. de Almeida-Val**

**30 Amazônia, desflorestamento e água: a interação entre a floresta tropical e a maior bacia hidrográfica do planeta**

A Amazônia dispõe de cerca de 15% de toda a água doce disponível do planeta. Saber como as mudanças climáticas e ambientais afetam o sistema hidrográfico é importante para preservar esse recurso essencial.

Por **Ralph Trancoso, Arnaldo Carneiro Filho e Javier Tomasella**

**38 A Amazônia está mudando**

Pesquisas envolvendo diferentes grupos de animais, entre eles as moscas, podem revelar alguns dos efeitos provocados pela fragmentação da floresta na biodiversidade amazônica.

Por **Marlúcia B. Martins, Ronildon Miranda-Santos, Alessandra A. R. da Silva, Catarina de L. Praxedes e Joana Evangelista Costa**



**56 Modelagem de ecossistemas: simples na aparência, complexos na prática**



Capa: foto de Claus Meyer/Getty Images

## 44 A produção mecanizada de grãos e seu impacto no desmatamento amazônico

A expansão, na Amazônia, da agricultura mecanizada preocupa autoridades e cientistas, porque essa modalidade agrícola exige terras extensas e pode aumentar as taxas de desflorestamento.

Por **Cláudio Puty**, **Oriana Almeida** e **Sergio Rivero**

## 50 Mamirauá: protegendo um ecossistema rico e ameaçado

A criação da Reserva Mamirauá revelou uma nova forma de lidar com a floresta amazônica, unindo a pesquisa científica à conservação e à melhoria da qualidade de vida dos moradores.

Por **Neide Esterci** e **Emiliano Esterci Ramalho**

A modelagem de sistemas naturais, que utiliza a matemática e a computação, já é aplicada a temas vitais para a ecologia do planeta, como a dinâmica de lagos, bacias hidrográficas e manejo de florestas, permitindo importantes previsões.

Por **Afonso A. Guidão Gomes**

### O LEITOR PERGUNTA

- 8 **A soja é um grão que apresenta todos os aminoácidos essenciais para o corpo humano?**
- 8 **Como a eficiência energética pode ser uma solução para a emissão de poluentes?**
- 9 **Como impedir que pombos usem o telhado para fazer seus ninhos sem causar danos à espécie?**
- 9 **O aumento do câncer nos últimos 40 anos está correlacionado estatisticamente com o aumento do uso de métodos de imagem por raios X?**

### ENTREVISTA

**Madu Gaspar**

#### 10 **O Brasil de ontem**

Arqueóloga comenta achados recentes sobre a pré-história brasileira

### MUNDO DE CIÊNCIA

#### 14 **Cérebro anticientífico?**

Estudo tenta explicar por que adultos resistem a conceitos de ciência

### A PROPÓSITO

#### 23 **Do risco da desordem pelo alto**

Um retrato das crises da representação política e do sistema judicial

### EM DIA

#### 62 **Tecnologia a serviço da tradição**

Língua e cultura dos índios cuicuros, do Xingu, são documentadas

#### 65 **Do pó ao cobre**

Matéria-prima nobre é obtida de reciclagem de sucata eletrônica

#### 66 **Paisagens decifradas**

Painéis contam a história geológica de diversas localidades fluminenses

#### 68 **Tocando na ferida**

Medidas preventivas simples reduzem gastos com tratamento de lesões

#### 70 **Tratamento classe A**

Os restos do tratamento do esgoto podem se tornar fertilizantes

### OPINIÃO

#### 74 **Gregory Bateson e interdisciplinaridade**

Em vez de 'semear' interdisciplinaridade, é preciso aprender a cultivá-la

### ENSAIO

#### 76 **Dilemas de um naturalista na Amazônia colonial**

Expedição de Rodrigues Ferreira percorreu boa parte do norte do Brasil

### PRIMEIRA LINHA

#### 79 **Bisturis virtuais**

Simulador de cirurgias é aperfeiçoado por grupo de pesquisa brasileiro

### RESENHA

#### 82 **Os economistas críticos saem da toca**

Resenha do livro *A supremacia dos mercados e a política econômica do governo Lula*, de Ricardo Carneiro (org.)

### MEMÓRIA

#### 84 **O início da era espacial**

Lançamento do Sputnik, primeiro satélite artificial, completa 50 anos

#### 87

### CARTAS

### QUAL O PROBLEMA?

#### 88 **Como pendurar (mal) um quadro**

Mais pontos de apoio nem sempre significam maior segurança



## ? A soja é um grão que apresenta todos os aminoácidos

### essenciais para o corpo humano?

CHARLES DE FREITAS, POR CORREIO ELETRÔNICO

Entre as fontes vegetais alimentares, a soja é aquela que apresenta o maior conteúdo de proteínas (cerca de 40%), aproximadamente o dobro do teor encontrado no feijão, que também é uma leguminosa. No entanto, as leguminosas são deficientes em metionina e cistina, aminoácidos sulfurados que integram o grupo dos 20 tipos diferentes de aminoácidos existentes.

As proteínas são feitas de um grande número de combinações desses aminoácidos. Oito desses aminoácidos devem ser providos pela dieta, pois nosso organismo não é capaz de sintetizá-los e, por isso, são

chamados de essenciais: lisina, metionina, valina, triptofano, treonina, leucina, isoleucina e fenilalanina. Os 12 aminoácidos restantes podem ser sintetizados no organismo desde que haja fonte nitrogenada na dieta (proteínas provenientes dos alimentos). Entre os oito aminoácidos essenciais, a soja é deficiente somente em metionina (encontrado em produtos de origem animal, como ovos, leite e carnes).

Já os cereais são deficientes em lisina, também um dos oito aminoácidos essenciais. Assim, leguminosas e cereais formam uma combinação nutritiva ideal para uma alimentação saudável.

Após a ingestão, as proteínas são digeridas (quebradas), liberando os aminoácidos, os quais são absorvidos e recombinados pelo nosso organismo, formando novas proteínas, que são distribuídas para todo o corpo e têm funções diferentes, como a formação de ossos, pele, músculos, da hemoglobina do sangue e até da queratina que estrutura os fios de cabelo.

Por isso, a ingestão de proteínas (aminoácidos), como aquelas fornecidas pela soja e outros alimentos, é tão importante para a constituição do nosso organismo.

**José Marcos Gontijo Mandarin**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)*



## Como a eficiência energética pode ser uma solução para a emissão de poluentes?

CAROLINE DIAS, POR CORREIO ELETRÔNICO

O sistema energético deve ser dimensionado para garantir o suprimento de serviços energéticos (mobilidade de pessoas e cargas, calor para indústria e residências, iluminação, refrigeração e condicionamento, força motriz etc.) a partir da minimização dos custos totais desse suprimento. Nesses custos totais estão também incluídos os impactos socioambientais da oferta de energia. Vários estudos desenvolvidos pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e por outras institui-

ções brasileiras e internacionais têm mostrado que os impactos ambientais negativos (poluição atmosférica, geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, emissão de gases de efeito estufa etc.) da expansão da oferta de energia são bem superiores aos de medidas de uso racional de energia e/ou de eficiência energética. A medida de eficiência energética tem efeito, sobretudo, no fim da cadeia energética, evitando os impactos negativos dessa cadeia.

Assim, ao se evitar o uso, por exemplo, de gasolina em um carro, através da adoção de um veículo mais eficiente ou do estímulo a um sistema de transporte mais eficien-

te, evitam-se, simultaneamente: 1. as emissões atmosféricas do carro movido a gasolina (que levam a impactos de ordem local – caso de poluentes como monóxido de carbono e hidrocarbonetos voláteis – e de ordem global – caso dos gases de efeito estufa); 2. os impactos ambientais do sistema de distribuição desse combustível (por exemplo, o seu transporte em caminhões); e 3. os impactos ambientais do transporte, refino, extração e exploração do petróleo (sem contar ainda os impactos dos aditivos presentes na gasolina e de outros produtos usados pelo carro, como os lubrificantes). Isso tudo é evitado, sem que se perca aquilo que se deseja obter, que é o serviço energético ou a mobilidade do passageiro.

**Alexandre Salem Szklo**

*Programa de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

## **?** Como impedir que pombos usem o telhado para fazer seus ninhos sem causar danos à espécie?

NANCI FONSECA GOMES, POR CORREIO ELETRÔNICO

O pombo (*Columba livia*) é uma ave da família dos columbídeos, originária da Europa. Atualmente, é visto como um dos principais animais ditos incômodos entre as aves urbanas. Está presente em todas as grandes cidades do mundo, como Paris, Nova York, Rio de Janeiro e São Paulo, entre outras. Os pombos adaptam-se muito bem à vida nessas condições, pois encontram abrigo para procriar, alimento e água, sem qualquer hostilidade ou predador natural. Essas aves são responsáveis por muitos prejuízos, sujando praças, danificando a fachada de edificações e monumentos históricos, e contaminando alimentos armazenados em depósitos.

Há várias maneiras de se controlar a população desses animais. Entre as medidas de médio e longo prazos, estão o emprego de substâncias anticoncepcionais e o uso de pombais de reprodução controlada. São consideradas ações de curto prazo a inclinação de superfícies de pouso, a utilização de acessórios desestabilizadores de pouso e de assustadores (visuais e auditivos), a vedação de espaços e o emprego de repelentes.

As fezes dos pombos, muito ácidas, estragam objetos de metal e bronze, causam apodrecimento de madeiras, descolorem pedras e danificam superfícies pintadas, além de suas penas entupirem calhas de escoamento de água. As fezes são elementos de alta propagação de microrganismos patogênicos e a limpeza dos locais infestados constitui medida prévia obrigatória em qualquer ação de controle. Recomenda-se a umidificação das fezes com água, água sanitária ou outro desinfetante, seguida da limpeza e descontaminação do local. O uso de máscara protetora ou pano úmido protegendo as vias respiratórias (boca e nariz) é de extrema importância, pois a inalação de partículas de fezes ressecadas pode induzir a ocorrência de doenças como histoplasmose, criptococose e psitacose. A destinação sanitária dos resíduos é outro passo fundamental de segurança e a finalização do serviço requer a utilização de bactericidas específicos que melhor garantam a descontaminação.

### **Fernando Ferreira**

*Subgerência de Fiscalização e Controle de Vetores e Reservatórios, Centro de Controle de Zoonoses Paulo Dacorso Filho*



## **?** O aumento do câncer nos últimos 40 anos está correlacionado estatisticamente com o aumento do uso de métodos de imagem por raios X, como a tomografia computadorizada?

ÂNGELA LEITE, POR CORREIO ELETRÔNICO

O aumento da incidência do câncer nas últimas décadas (estima-se que ocorrerão 11 milhões de novos casos em 2007 em todo o mundo, dos quais cerca de 515 mil no Brasil) não está relacionado ao uso de métodos de imagem por raios X, como a tomografia computadorizada, e sim a alguns hábitos inadequados da população, bem como ao envelhecimento geral da mesma. Entre esses hábitos, destaca-se o tabagismo, que ocasiona de 25% a 30% de todos os cânceres. Houve também um grande aumento da incidência de câncer de pele (que hoje corresponde a 30% de todos os casos de câncer) devido à exposição solar prolongada em horários mais danosos à pele. Outra causa é a dieta inadequada, associada ao sedentarismo, com um grande consumo de gorduras e proteína animal e conseqüente elevação do índice de obesidade (com aumento da incidência de câncer de mama e tumor colorretal, entre outros).

Também contribuem as infecções virais transmissíveis por relações sexuais, transfusões sanguíneas ou uso de drogas injetáveis, por exemplo, as causadas por HPV, HIV, vírus da hepatite B e C etc. Estas respondem pela ocorrência de 15% de todos os cânceres. Com base nesses dados, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera que 40% de todos os casos são evitáveis e há um programa de ação global para reduzir tal incidência. Por fim, os métodos de diagnóstico por imagem levam a uma exposição pequena e controlada do paciente à radiação e, a não ser em casos excepcionais, não causam danos às pessoas, não havendo relação com o aumento da incidência de câncer nos últimos 40 anos.

### **Enaldo Melo de Lima**

*Sociedade Brasileira de Oncologia Clínica*

CARTAS À REDAÇÃO

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

**CORREIO ELETRÔNICO:**  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# O BRASIL DE ONTEM



FOTO FRED FURTADO

## Madu Gaspar

Neandertais caçando mamutes e vivendo em cavernas? Não, essa não é a realidade da pré-história brasileira. O grupo que habitava o nosso território há 15 mil anos caçava pequenos animais e explorava intensamente os recursos vegetais.

Descobertas de pesquisadores brasileiros revelaram novas informações sobre esses caçadores, modificando a maneira como eles são entendidos pelos arqueólogos. Essas são apenas algumas das informações contidas no livro *Pré-história do Brasil*, recém-lançado pela editora Manati. A obra, que reúne trabalhos de arqueologia, paleontologia e geologia, traça um panorama que começa há 3 milhões de anos e inclui a formação da Terra.

Para Madu Gaspar, arqueóloga do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro e coordenadora científica do livro, essa coletânea de informações é o que torna *Pré-história do Brasil* ímpar. “A intenção era criar esse panorama e, nesse sentido, o livro é único”, diz a arqueóloga. Nesta entrevista à *Ciência Hoje*, além de falar da obra, ela comenta a ameaça que sofrem os sítios arqueológicos brasileiros, em que estágio se encontra a divulgação científica na área e quais os desafios enfrentados pelos arqueólogos.

**André Prous**

*Museu de História Natural,  
Universidade Federal de Minas Gerais*

**Fred Furtado**

*Ciência Hoje/RJ*

### Como surgiu a idéia do livro?

Começamos a pensar nesse livro há cinco anos. A idéia original foi de Silvia Negreiros e Bia Hetzel, editoras da Manati, que me convidaram para fazer parte do projeto. Inicialmente, a obra seria de minha autoria, mas depois pensamos em fazer algo mais abrangente, um panorama que envolvesse desde a formação geológica do território brasileiro, passasse pela grande fauna extinta, como os dinossauros – um tema de muito interesse para o público – e contextualizasse os achados arqueológicos. Traçamos então a estratégia de entrevistar os principais pesquisadores de cada área. Nosso critério sobre o material a ser selecionado foi em parte geográfico, queríamos abordar a Amazônia, o Pantanal etc. Mas também achamos necessário entrevistar cientistas cujos temas de estudo já vêm sendo pesquisados há muito tempo, pois eles seriam capazes de construir sínteses, criando uma versão de fácil acesso para quem não é do ramo. Isso era importante, porque a editora desejava que o livro não se restringisse a um público especializado.

### Como o projeto foi implementado?

Eu formulei as perguntas, escolhi os pesquisadores e realizei as entrevistas. O problema é que elas eram muito desiguais em relação ao tratamento que cada cientista deu ao seu assunto, o que levou a muitas revisões do texto. No decorrer desse trabalho, a Bia e a Silvia tiveram acesso a uma série de acervos de fotografias. Como era um material inédito e de excelente qualidade, elas optaram por incluir uma parte fotográfica. Foi então que o livro assumiu sua forma final. As imagens são informações preciosas e, em alguns casos de sítios destruídos ou ameaçados, elas podem ser as únicas restantes.

### Qual era a realidade da pré-história no Brasil?

O início da ocupação do território brasileiro é um tema muito importante e discutido. Ele foi formador da arqueologia brasileira. Na época do Império, o paleontólogo dinamarquês Peter W. Lund [1801-1880] esteve em Minas Gerais. Enquanto lá fora se discutia a Antiguidade e se acreditava que o Novo Mundo não devia ter sido ocupado há muito tempo, Lund encontrou, em suas escavações, ossos de fauna extinta associados a ossos humanos, mostrando assim que a ocupação era mais antiga do que se pensava. Desse momento em diante, esse tema dominou as comunidades acadêmicas do Brasil e da Europa. Na época, a *Bíblia* era considerada um texto com valor científico para explicar o surgimento do mundo. Hoje, a visão mais conservadora é que a ocupação

tenha começado por volta de 15 mil anos atrás, podendo, em uma visão mais audaciosa, ter acontecido há 30 mil anos. É preciso levar em conta que quanto mais antigo o sítio arqueológico, mais difícil achar evidências e testemunhos. O que costuma ser preservado é o material lítico e pontas de flechas, lâminas etc., já que o material orgânico tende a se decompor com o passar do tempo. Quase todo o conhecimento vem do estudo desses materiais e de esqueletos humanos que, em decorrência de condições especiais, se preservaram, geralmente em grutas e abrigos. Isso não quer dizer que eles só habitavam esses locais. Ao contrário, eles deviam viver no entorno ou mesmo em outras áreas, mas é bastante difícil identificar esses assentamentos. A região de Lagoa Santa, em Minas Gerais, rica em material paleontológico e arqueológico, sempre foi um lugar de

**É comum a referência de que somos um país novo, no entanto, a pesquisa arqueológica mostra que temos uma longa história que precede a chegada dos portugueses, os quais, na verdade, foram auxiliados pelos povos que já viviam aqui e por seus conhecimentos**

referência para pesquisadores nacionais e estrangeiros. Um dos grandes temas hoje é como essas populações viviam e se organizavam socialmente. Durante muito tempo, a questão central foi a antiguidade da ocupação humana no Brasil, mas hoje a arqueologia já explora outros temas.

### O Brasil é mesmo o país que mais possui registros rupestres no mundo? O que contribuiu para isso?

Aparentemente, sim. O trabalho sistemático da arqueóloga Niède Guidon, no Piauí, encontrou um grande número de sítios que, se somados aos estudos desenvolvidos por André Prous em Minas Gerais, fazem do Brasil um dos países com maior quantidade de paredões e grutas com pinturas e gravuras. As razões para isso envolvem desde condições de preservação até hábitos característicos dos caçadores. No entanto, essa é uma informação recente e está profundamente associada ao trabalho da Niède, cujo levantamento revelou que só no Piauí há mais pinturas e gravuras do que na França. Isso chama a atenção para esse patrimônio, que é importante não apenas para conhecermos os costumes dessa população, mas também porque isso mexe um pouco com a falsa idéia de que o Brasil teria sido 'inventado pelos portugueses'. É comum a referência de que somos ▶

um país novo, no entanto, a pesquisa arqueológica mostra que temos uma longa história que precede a chegada dos portugueses, os quais, na verdade, foram auxiliados pelos povos que já viviam aqui e pelos seus conhecimentos. Foram esses povos que domesticaram a mandioca, algo muito difícil de se fazer, já que ela é uma planta tóxica. Ou seja, essa herança de como viver nos trópicos não foi inventada pelos europeus. Por isso, esse tipo de estudo pode fazer com que os brasileiros pensem mais sobre a própria trajetória e auxiliar na construção de uma identidade que valorize mais os nossos feitos, descobertas e passado.

### **Que outros pontos distinguem esse período?**

Predominava a noção de que as populações antigas tinham a sua dieta apoiada exclusivamente na caça, daí serem chamadas de caçadoras. Contudo, os tra-

mações resultavam do acúmulo de restos alimentares e lixo. Hoje as pesquisas mostram que alguns sambaquis são montes fúnebres, um espaço especialmente construído para receber os corpos dos mortos. Em certo sentido, um espaço sagrado. O acúmulo das conchas causou uma alteração no pH do solo e criou condições para a preservação de esqueletos, que estão sempre presentes nos sambaquis.

### **A obra contém trabalhos de arqueólogos, antropólogos e paleontólogos.**

### **Foi difícil reunir as pesquisas dos diferentes campos? Há interação entre essas áreas?**

A dificuldade foi criar uma obra a partir da informação que conseguimos – diferentes conhecimentos em estágios distintos – que fosse de fácil leitura e não compromettesse a pesquisa de qualquer um dos colaboradores. Nenhum dos pesquisadores conta-

dos se recusou a participar, embora as contribuições tenham tido diferentes graus de investimento. A comunidade de arqueólogos brasileiros está bastante madura e hoje sabe que é uma estratégia mais eficiente tornar públicos os resultados das pesqui-

zas e mostrar sua importância para o patrimônio cultural. Foi esse motor que fez com que os pesquisadores se empenhassem em participar.

### **O público, muitas vezes, tem dificuldade para diferenciar paleontologia e arqueologia. O que distingue essas diferentes disciplinas?**

O objeto da arqueologia é o comportamento social de grupos humanos, em qualquer momento da história, inclusive na atualidade, e ela os estuda por meio da cultura material. Já a paleontologia se refere ao mundo animal no passado. Uma pergunta que costuma surgir relacionada com as duas disciplinas, especialmente entre adolescentes, é se os humanos conviveram com os dinossauros. A resposta é não, e incluímos uma tábua de tempo no livro exatamente para facilitar a visualização do fato de que há milhões de anos separando uns dos outros.

### **O livro revela novos enfoques para os temas abordados?**

A novidade do livro é a visão panorâmica que traz. Ele reúne vários autores de diferentes disciplinas e aborda desde a formação da Terra até os nativos atuais do Brasil. Tive a preocupação de procurar pesquisadores com trabalhos consolidados, porque acho que, ao se fazer um livro de divulgação, se deve ter a responsabilidade de apresentar temas bem estabelecidos, de maneira que os leitores possam incorporar essa informação e aqueles que desejarem se

## Hoje as pesquisas mostram que alguns sambaquis são montes fúnebres, um espaço especialmente construído para receber os corpos dos mortos

balhos atuais mostram que parte significativa da subsistência desses grupos estava ligada à exploração dos recursos vegetais, e que os materiais para trabalhar esses recursos não eram artefatos muito elaborados, mas sim improvisados, como uma pedra que foi lascada e serve como um raspador, sem ter sido projetada cuidadosamente para essa função. Esse tipo de objeto não tinha muita visibilidade para a arqueologia, os arqueólogos concentravam-se mais em peças com formas mais sofisticadas como as pontas de flechas. Isso reforçou a idéia de que esses povos estavam sempre atrás de caça. Além disso, havia uma projeção do modelo da planície americana – onde as populações criaram pontas para caçar a grande fauna – para o resto da América. Os grupos que habitavam nosso território também caçavam, mas eram presas miúdas. A noção recorrente de que viviam apenas voltados para obter alimentos também não se sustenta, pois os caçadores são os autores de belos e sofisticados grafismos, um eficiente meio de comunicação.

Paralelamente, havia outro povo que ocupava a costa, os sambaquieiros, construtores dos sambaquis, que provavelmente já habitavam essa região há sete mil anos. O sambaqui é resultado do acúmulo de material faunístico, principalmente conchas, realizado por pescadores-coletores que ocuparam a costa brasileira. Alguns desses montes ultrapassam 30 metros de altura e no Sul há sítios com cerca de 70 metros de altura. No passado, a idéia era que essas for-

aprofundar possam procurar artigos acadêmicos. A intenção era criar esse panorama e, nesse sentido, o livro é único.

**Na apresentação do livro, a senhora diz que até poucos anos atrás a divulgação em arqueologia era técnica e descritiva, atraindo pouco os leitores. Como isso mudou?**

Na época do Brasil Império, a arqueologia era uma disciplina de ponta associada à antropologia física, que era voltada para o estudo de crânios e evolucionismo social. Depois, os cientistas sociais começaram a se preocupar com outros temas, como a formação do povo brasileiro, e a arqueologia continuou muito presa às ciências naturais, sem se definir de maneira clara quanto à sua inserção; em alguns momentos se aproximava da antropologia tradicional, em outros da geologia (tanto que os sítios arqueológicos são chamados de jazida). Por conta desse impasse, quase todos os resultados de pesquisa eram descritivos. Relatava-se quais camadas haviam sido encontradas e a conclusão das pesquisas era quase sempre uma lista de materiais que haviam sido recuperados nas escavações. O salto da arqueologia ocorreu no início da década de 1990 quando chegaram ao Brasil os reflexos do movimento denominado ‘nova arqueologia’, que produziu uma mudança na compreensão dessa ciência no mundo ocidental. Esse movimento, surgido especialmente nos países de língua inglesa, levou a arqueologia a se aproximar definitivamente das ciências humanas. Por outro lado, houve a criação da Sociedade de Arqueologia Brasileira, que se tornou um fórum para os profissionais da área. Com a popularização das viagens de avião, os pesquisadores começaram a freqüentar congressos fora do país e perceberam outras maneiras de fazer arqueologia. A Lei Federal 3.924, criada em 1961, que obriga toda operação em solo brasileiro a ser precedida por um levantamento arqueológico, também levou a uma grande geração de conhecimento.

**Ainda assim, há pouca divulgação dessa área. Por quê?**

A produção aumentou, mas a arqueologia ainda tem que divulgar amplamente os resultados das pesquisas. O tipo de texto produzido não era voltado para divulgação, e sim para a própria comunidade de pesquisadores e só recentemente os arqueólogos começaram a se preocupar em divulgar seu trabalho para a sociedade. Saímos da nossa comunidade fechada e começamos a pensar na nossa responsabilidade social. Algo mudou também no público, que começou a ter mais interesse no passado e em alguns aspectos do modo de vida dos nativos brasileiros e de seus antepassados. Não sei se isso é uma reação à globalização, pois com a industrialização muita coi-

sa se torna ‘homogênea’ e o passado surge como algo que é ímpar, singular.

**Há um apêndice no livro sobre a preservação do patrimônio arqueológico brasileiro. Ele está ameaçado?**

Completamente. Os testemunhos arqueológicos estão pulverizados no território brasileiro. Se eles estivessem concentrados em um único estado, por exemplo, seria mais fácil desenvolver uma política para proteger aquela área. Além da diversidade geográfica, há o problema da localização – alguns estão na beira de estradas, outros sob escolas – e o fato de que muitos só são conhecidos quando estão sendo destruídos. Por exemplo, digamos que um colégio esteja abrindo uma cisterna e ache um vasilhame de cerâmica. Vamos lá e descobrimos que a escola foi construída sobre um sítio arqueológico e ninguém havia tomado conhecimento. Outra coisa é que não existe um levantamento sistemático do patrimônio arqueológico brasileiro. Além disso, as questões culturais não recebem a devida atenção no nosso país. Os funcionários do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional [Iphan] trabalham com a maior seriedade, mas estão sobrecarregados – às vezes cada um deles é responsável por um ou dois estados – e não contam com uma política governamental voltada para a preservação dos sítios arqueológicos. Há vários interesses em jogo – um sambaqui em Búzios, no Rio de Janeiro, pode estar localizado no terreno que foi comprado pelo dono de uma multinacional que quer construir uma casa de veraneio, na terra de um pequeno sítio que depende daquele local para viver ou em um trecho que será cortado por uma auto-estrada. Por isso mesmo, é fundamental ter uma política de âmbito nacional que preserve os sítios arqueológicos.

**Como foi a formação dos primeiros arqueólogos brasileiros e quais são os caminhos hoje para se profissionalizar?**

No passado, os arqueólogos tinham diferentes formações, com contribuições relevantes de padres jesuítas. Uma estratégia muito usada era convidar pesquisadores estrangeiros para formar quadros de cientistas no Brasil. Hoje, a situação mudou bastante e há uma série de cursos de pós-graduação em arqueologia. O Museu Nacional, da UFRJ, acabou de abrir um mestrado, a Universidade de São Paulo tem também um mestrado e um doutorado, assim como a Universidade Federal de Pernambuco. A tendência é que os alunos venham das graduações em história, geografia e ciências sociais, entre outros cursos. Ou seja, hoje há uma formação acadêmica, enquanto no passado as pessoas se tornavam arqueólogas pela prática, sem um preparo teórico formal. ■

# Cérebro anticientífico?

Artigo de tema instigante, porém de conclusões polêmicas, defende a tese de que originalmente o cérebro humano não é científico. A motivação do estudo foi buscar uma resposta para o porquê da resistência a certos conceitos da ciência encontrada em adultos. Para os autores, a principal fonte desse processo viria do período que antecede a exposição das crianças à educação científica formal. O estudo está em *Science* (v. 316, pp. 996-997, 2007).

Como costuma acontecer quando se discute um tópico que envolve entidades pouco conhecidas ou mal definidas, produz-se sempre o binômio interesse apaixonado/polêmica intensa. Debates sobre a mente e a consciência são um exemplo típico, além de antigo. A tentativa de compreender a mente ou a suposta natureza dualista dos humanos já ocupa o pensamento dos filósofos há milhares de anos.

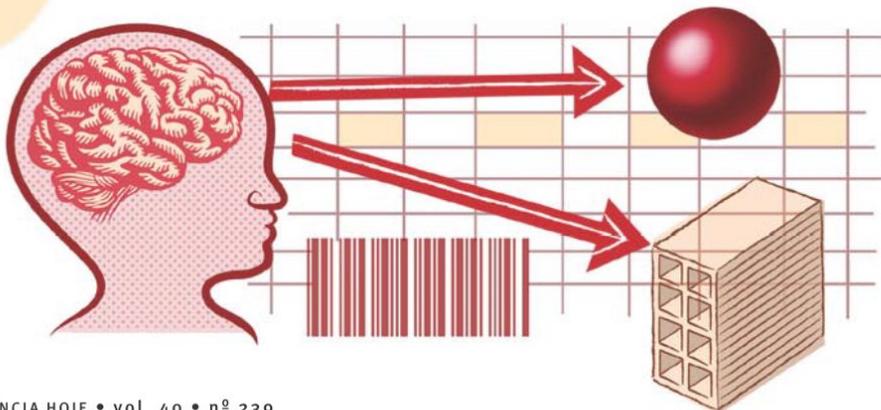
Para atizar essa contenda, Paul Bloom e Deena Skolnick Weisberg, ambos do Departamento de Psicologia da Universidade Yale, em New Haven, no estado de Connecticut (Estados Unidos), publicaram recentemente na revista *Science* um artigo que busca a resposta para a origem da resistência à ciência encontrada nos adultos (seriam norte-americanos?). Trata-se de uma tese bastante instigadora que defende em essência a idéia de que originalmente nosso cérebro não é científico.

Os autores propõem que a principal fonte de resistência à ciência vem do período que antecede a exposição das crianças à educação científica. Essa é uma proposta curiosa, baseada na hipótese de que o cérebro das crianças na fase pré-científica, longe de se comportar como uma tábua rasa, estaria or-

ganizado de modo a embutir noções fundamentais próprias. Essa organização neurológica basal forneceria às crianças um roteiro intelectual inicial para a introdução e a integração delas ao mundo.

O problema da resistência à ciência apontado pelos autores viria logo em seguida, quando as crianças passassem a receber educação formal, que traria em seu bojo uma lógica conflitante com aquela primordial. Segundo os autores, a resistência aparece nas crianças no momento em que as propostas científicas passam a se chocar com as expectativas intuitivas originais. Em outras palavras, há inicialmente um embate entre aquilo que a mente das crianças percebe como a lógica da natureza e as explicações que elas recebem mais tarde ao longo de sua educação. Uma educação precária ou não científica preservaria o estado fundamental do intelecto desses indivíduos, ou seja, produziria adultos resistentes à ciência.

Bloom e Weisberg oferecem argumentos que, segundo eles, substanciam a idéia de que o intelecto das crianças já vem com uma carga inicial. Afirmam eles que mesmo crianças com um ano de idade já têm uma compreensão apurada do mundo físico e social. Por exemplo, elas sabem que os objetos são sólidos, duradouros, que caem e não se movem a menos que manipulados. Os autores mencionam também que, para as crianças, tudo no mundo tem um propósito. Leões foram feitos para ocupar o jardim zoológico; e as nuvens, para fazer chuva. Diga-se de passagem que essa visão teleológica (ou seja, a explicação que



relaciona um fato com sua causa final) é, na verdade, bastante disseminada e compartilhada mesmo entre as pessoas ditas educadas.

Mas há certas inconsistências na proposta de Bloom e Weisberg. Eles não convencem quando afirmam que o conhecimento dos bebês sobre o ambiente mais próximo deles está dissociado da observação e da experimentação e necessariamente refere-se ao cérebro anticientífico. Para substantiar essa idéia, seriam necessários controles que demonstrassem que o conhecimento inato já estivesse presente em bebês privados da experimentação (independentemente da dificuldade e da ética duvidosa desses procedimentos). Provavelmente, os bebês de Bloom e Weisberg eram, na verdade, empiristas.

É mais razoável admitir que, por meio da observação inicial, os bebês diferenciem seres vivos e objetos e que, em seguida, à medida que adquirem coordenação motora, comecem suas experiências com ambos. A manipulação de objetos, vivos ou não, certamente levou à constatação das propriedades referidas acima. A intuição mencionada pelos autores não precisa derivar diretamente de um estado fundamental, mas poderia, isso sim, ser formada a partir dos argumentos que mais simplesmente satisfizessem a observação. Se um bebê nunca viu objetos movendo-se por conta própria, é natural concluir que cadeiras, mesas, pedras etc. são, de fato, estáticos.

Bloom e Weisberg também mencionam que crianças e adultos 'resistentes' preterem o pensamento científico quando aceitam explicações de pessoas consideradas confiáveis. Não seria mais plausível admitir que, nesse caso, as crianças incorporaram vicariamente a experiência alheia?

Também requer certa cautela a contenção dos autores de que as pessoas que resistem a interpreta-

ções que lhes parecem não naturais ou não intuitivas teria sua origem no intelecto pré-científico. Caberiam aí as seguintes perguntas: uma idéia é não natural ou desafia a intuição com relação a que referencial? A resistência aludida é contra a ciência como um todo ou contra propostas mais complexas? A intuição é necessariamente anticientífica?

Tomemos como exemplo os modelos evolucionistas do naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) e do britânico Charles Darwin (1809-1882). A proposta lamarckista é considerada mais intuitiva, porque é simples e se encaixa melhor nas expectativas finalistas muito presentes na mente humana. Para o próprio Lamarck, que acreditava no transformismo dos indivíduos, essa proposta era perfeitamente coerente. Lamarck, até hoje, representa a visão popular da evolução: um processo determinista que coloca os humanos no topo da pirâmide. Darwin, por sua vez, abordou o problema da evolução por meio de uma análise populacional que o levou a conclusões radicalmente diversas daquelas de Lamarck. Isso significa que, por ter sido mais intuitivo, Lamarck, um naturalista de peso e o primeiro evolucionista, teria abdicado de sua *persona* científica e abraçado o intelecto pré-científico defendido por Bloom e Weisberg?

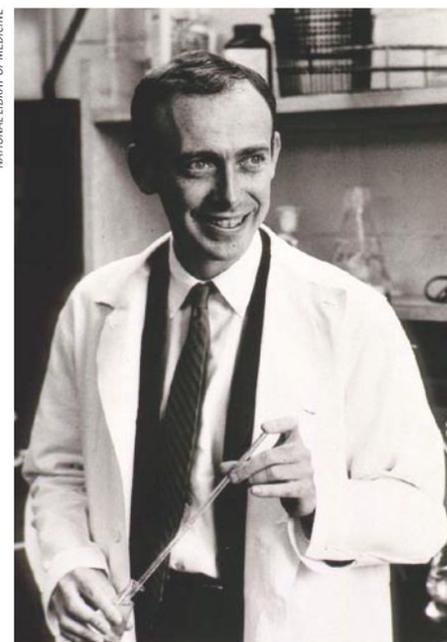
No fundo, os humanos, principalmente as crianças, são empiristas. Entretanto, nem todos praticam o pensamento científico no dia-a-dia. Essa atitude talvez não represente verdadeiramente uma resistência à ciência, mas uma opção mais confortável, um *laissez-faire* descomprometido.

#### Franklin David Rumjanek

Instituto de Bioquímica Médica,  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

## SINTONIA FINA

**James Dewey Watson**, Nobel de Medicina de 1962 e um dos descobridores da estrutura do DNA (molécula que carrega o material genético de um ser vivo), foi o primeiro homem a ter seu genoma seqüenciado por menos de US\$ 1 milhão (cerca de R\$ 2 milhões). Várias pessoas já tiveram seu genoma seqüenciado por valores muito superiores a esse. O material sobre Watson, gravado em um DVD, foi doado para o GenBank, um banco de dados público da área. Segundo os especialistas, Watson tem certa predisposição ao câncer, apesar de que não é possível saber, com base no seqüenciamento, para qual tipo dessa doença, sem um diagnóstico apropriado. (Watson tem câncer de pele.) Com 79 anos de idade, o biólogo norte-americano pediu que apenas um tipo de dado fosse excluído do seqüenciamento: aquele relativo a um gene ligado à doença neurodegenerativa de Alzheimer, marcada principalmente pela perda da memória. Uma das avós de Watson foi acometida pela doença, que não tem cura. O projeto Genoma Humano, que começou em 1988, custou cerca de US\$ 3 bilhões e levou 13 anos para finalizar seus resultados. Hoje, há um prêmio de US\$ 10 milhões para o indivíduo ou instituição que conseguir seqüenciar 100 genomas em 10 dias – a idéia é baratear os custos do processo para popularizá-lo. O genoma de Watson será em breve publicado em uma revista científica.



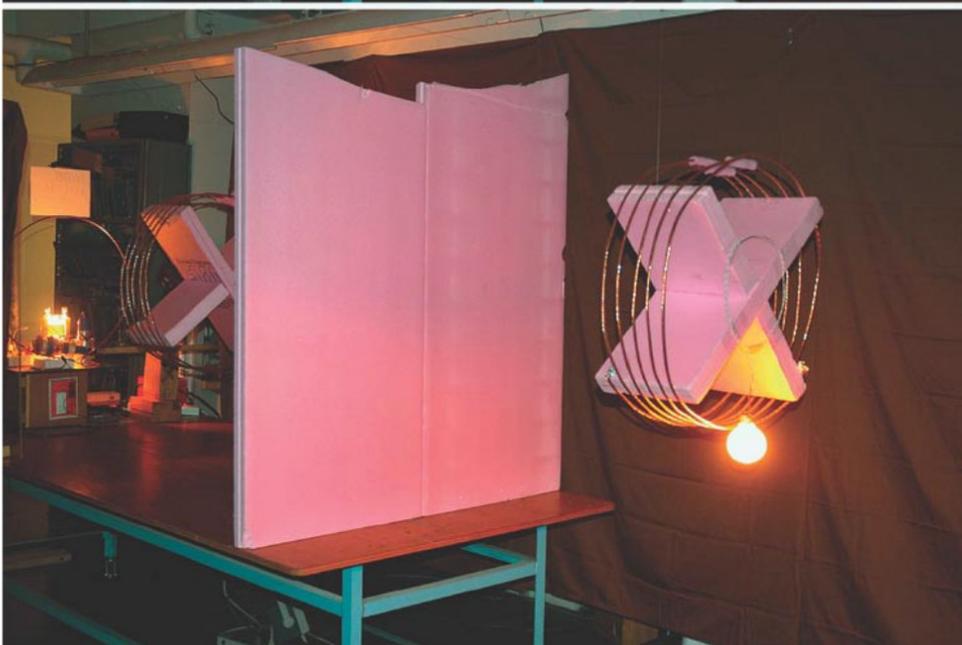
O jovem Watson, em seu laboratório

## EM FOCO

As fotos abaixo mostram uma jovem promessa para o estilo de vida do futuro. Não, certamente não é nada relativo a uma tendência de decoração para as próximas décadas (afinal, formas e cores não são, digamos, das melhores). A ênfase, na verdade, está em dois objetos: a bobina (aquela 'mola' em torno do 'X') e a lâmpada. O que está sendo mostrado é algo com que os físicos

e engenheiros, desde o começo do século passado, sonham em fazer: transmitir energia elétrica sem a ajuda de fios. O físico e engenheiro sérvio Nicola Tesla (1856-1943) já havia tentado algo semelhante no início do século passado, mas, entre outros problemas, havia o fato de os campos elétricos envolvidos serem muito intensos e, portanto, perigosos. Agora, não que o pro-

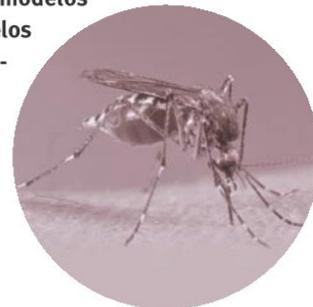
cesso tenha ocorrido às mil maravilhas, para usar lugar-comum, mas chegou a resultados animadores: uma lâmpada de 60 watts, distante 2 m da bobina transmissora (esta ligada a um gerador), foi acesa. A transmissão de energia, segundo os autores, teve 40% de eficiência. Desde os tempos de Tesla, tentou-se usar bobinas que transmitiam em todas as direções ou aquelas que eram unidimensionais. Ambas eram ineficientes. O segredo, dessa vez, está no tipo de bobina usada: ela é capaz de captar um tipo de onda eletromagnética 'evanescente', ou seja, que está presente nas transmissões sem fio atuais, mas decai muito rapidamente depois de emitida pela fonte, permanecendo, portanto, apenas nas vizinhanças da antena emissora. A vantagem desse tipo de onda é que ela pode passar por anteparos e chegar a outras bobinas (note o anteparo na foto inferior). Extrapolando esses resultados – e aplicando um pouco de futurologia –, é possível imaginar que os fios centenários de cobre (juntamente com os cabos modernos) deverão sumir. Assim, pode ser que, no futuro, equipamentos com bateria (computadores, celulares, tocadores de MP3 etc.) sejam recarregados automaticamente ao entrarem em um ambiente onde haja um sistema desse tipo. O mesmo poderia valer para implantes usados no corpo humano. Segundo Marin Soljacic, líder da equipe de pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Estados Unidos), as bobinas (0,5 m de diâmetro) poderiam ser diminuídas para serem usadas em equipamentos portáteis, sem perda de eficiência. O artigo saiu na edição eletrônica da *Science* de 07/06/07. Sim, já há um nome, em inglês, para o conceito: WiTricity, juntando *wireless electricity*. Se o método pegar, será mais um anglicismo a se decorar.



**ÓRGÃOS SOB ENCOMENDA?** • Futuro incerto. Médico: “Vamos tirar algumas células de sua pele e, com elas, construir um novo coração para você.” Paciente: “E quanto aos meus rins e fígado?”. Médico: “Também faremos novos”. OK, por enquanto, ficção científica autêntica. Mas três artigos recentes ensinam como tirar da pele um tipo de célula (fibroblastos), acrescentar a elas quatro genes com as instruções para fabricar proteínas (fatores de transcrição) e, assim, desencadear o processo que vai transformá-las em células-tronco pluripotentes, ou seja, aquelas com capacidade de se transformar em qualquer tecido do organismo. Os resultados estão sendo comparados, em importância, aos que levaram à clonagem da ovelha Dolly, há exatos 10 anos. Com esse novo tipo de célula-tronco pluripotente (denominada induzida), já se obteve até um camundongo clonado. O método (cujo primeiro trabalho foi publicado no ano passado e sofreu desde então reajustes) dispensa o uso (e a conseqüente destruição) de embriões para se conseguir outro tipo de célula-tronco pluripotente, as embrionárias. “Simples assim, sem truques”, disse o descobridor do método e autor de um dos trabalhos. Se a técnica obtiver sucesso em humanos (ela foi aplicada a camundongos), afastará o problema da rejeição em transplantes de órgãos e abafará o dilema ético sobre usar ou não embriões humanos para desenvolver possíveis tratamentos e curas para várias doenças. E o diálogo inexistente que abre esta nota ganhará impulso rumo à realidade.

*Cell Stem Cell*, v. 1, n. 1, julho de 2007; *Nature online*, disponíveis em [dx.doi.org](http://dx.doi.org) com os códigos 10.1038/nature05934 e 10.1038/nature05944.

**GENOMA DO *Aedes aegypti*** • Anunciado mais um seqüenciamento. Dessa vez, foi o do mosquito transmissor da dengue e da febre amarela, o *Aedes aegypti*, que os brasileiros diariamente, para usar um trocadilho, sentem na pele. Os dados irão ajudar os cientistas a buscar estratégias para combater a disseminação da doença, presente na África (principalmente) e em outros países, bem como a desenvolver um inseticida ‘sob medida’. O genoma do *A. aegypti*, composto de 1,38 bilhão de pares de ‘letrinhas’ (bases nitrogenadas) e com supostamente cerca de 15 mil genes funcionais, foi comparado com o do *Anopheles gambiae*, transmissor da malária, e com o da mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*), um dos principais modelos experimentais usados pelos geneticistas. Participaram dos trabalhos quatro pesquisadores da Universidade de São Paulo e um do Instituto Butantan (SP). (*Science*, 18/05/07)



## MEDICINA

### CICATRIZES! FIM DA CALVÍCIE?

Dogma: mamíferos adultos não produzem mais folículos pilosos, cada um daqueles ‘buraquinhos’ da pele de onde se originam os pêlos e cabelos. Dogma rechaçado: sim, novos pêlos e cabelos podem nascer de cicatrizes. Na prática: os resultados de uma pesquisa feita por norte-americanos renovam as esperanças dos calvos e prometem implantes de muito melhor qualidade.

Os pesquisadores, liderados por George Cotsarelis, da Escola de Medicina da Universidade da Pensilvânia (Estados Unidos), estavam estudando como as células-tronco ajudam a curar um ferimento na pele. Por acaso, viram algo que, há 15 anos, já havia sido notado: pêlos crescendo de cicatrizes na pele de camundongos. Porém, naquela época, dado o dogma citado na primeira linha desta nota, essas evidências foram ignoradas, segundo Cotsarelis.

A equipe, porém, resolveu investigar a origem da pelagem misteriosa. Para isso, extraiu pequenas áreas da pele dos roedores

e as deixou cicatrizar por si só. Eles notaram que os pêlos nasciam no centro das cicatrizes. Os folículos pilosos são uma estrutura com várias ramificações. No fundo de um saquinho, ficam as células mortas da pele, que são expelidas para cima na forma de pêlos ou cabelos. Há também um reservatório de células-tronco capilares (células-tronco têm, em princípio, a capacidade de se transformar em células de outros tecidos do organismo).

A primeira suspeita para a geração de novos folículos pilosos deveria ser naturalmente depositada nesse suprimento de células-tronco. Mas, para a surpresa dos pesquisadores, eram células da epiderme (porção superficial da pele) que estavam dando origem aos folículos. Com isso, foi desvendado um mecanismo importante no processo.

Outro resultado animador: em camundongos modificados geneticamente para produzir duas vezes mais um tipo de proteína, a Wnt (que tem um papel importante na cicatrização), o número de pêlos por área nas cicatrizes era duas vezes maior que aquele nos tecidos não lesionados.

Parte animadora (para os humanos) dos resultados: o nascimento dos pêlos ocorreu em camundongos tanto jovens quanto velhos. Parte desanimadora (mas que poderá ser resolvida com uma tintura para cabelos): os pêlos nasceram sem pigmento.

Os autores acreditam que, para os humanos que sofrem de alopecia (perda temporária ou definitiva dos cabelos), o tratamento será mais ou menos assim: abrasão suave do couro cabeludo, seguida de aplicação tópica de pomada à base da proteína para ativar a produção de folículos. Cotsarelis já montou uma empresa para explorar os resultados da pesquisa.

Hoje, os tratamentos capilares são basicamente três: substâncias que ativam a circulação sanguínea; aquelas que minimizam a ação do hormônio testosterona (tipo de ‘vilão’ da calvície); transplantes de folículos pilosos. Todos eles dependem da idade do paciente e do grau de calvície (segundo especialistas, é preciso ter no mínimo 30 fios por cm<sup>2</sup>, sendo que em uma situação normal esse número chega à casa de algumas centenas).

*Nature*, 17/05/07



**MEDICINA Bom colesterol aumenta apenas modestamente com ginástica aeróbica**

## EXERCÍCIO: BOM PARA O HDL. MAS QUANTO?

Correr, nadar, andar ou qualquer outra atividade física aeróbica aumentam os índices do 'bom' colesterol (HDL). Isso é fato. Porém, quanto? E agora vem um advérbio que será uma decepção para muitos cardiologistas e professores de educação física: modestamente. Isso segundo um artigo em que foram analisados os resultados de vários estudos sobre o assunto.

A motivação da revisão foi justamente o fato de que os resultados de vários estudos que tentaram relacionar o HDL com exercícios aeróbicos foram muito díspares. Tudo indicava que eles dependiam do programa de exercícios, da frequência e intensidade deles, bem como das condições iniciais da pessoa que se submetia a eles.

Satoru Kodama, da Universidade Ochanomizu (Japão), foi bem seletivo na escolha dos estudos analisados, justamente para poder buscar a resposta sobre quanto o HDL (sigla, em inglês, para lipoproteína de alta densidade) se altera com o exercício (vale lembrar que um HDL baixo é um fator independente para o risco de doenças cardiovasculares). Kodama, portanto, apenas avaliou estudos envolvendo adultos com mais de 20 anos de idade; em que os exercícios eram aeróbicos; nos quais houve medição do HDL no início e no fim da programa; que durassem pelo menos oito semanas; que tivessem grupo-controle.

Ao final, ficou com 25 estudos, que avaliaram 1,5 mil pessoas entre 23 anos e 75 anos. Em média, esses programas duraram 27,4 semanas, com os voluntários fazendo em média 3,7 sessões semanais (cerca de 40,5 minutos cada e com uma 'queima' média de mil calorias por semana).

### Duração melhor que frequência

A revisão mostrou que, em média, o HDL subiu 2,53 miligramas por decilitro (2,53 mg/dl) nos voluntários. A sessão mínima semanal necessária para começar a alterar o valor desse colesterol foi de 120 minutos (ou 900 calorias 'queimadas'). E os efeitos mais intensos ocorreram nos voluntários com colesterol total (basicamente, HDL + LDL, este último o 'mau' colesterol) maior do que 220 mg/dl e com índice de massa corporal (peso dividido pelo quadrado da altura) menor que 28.

Mas agora vem, de certo modo, a decepção para os que defendem que os exercícios aeróbicos vão afastar definitivamente o risco de doenças cardiovasculares: para os homens, esse risco caiu apenas 5,1%; para as mulheres, 7,6% (isso usando como base o resultado de um estudo anterior que mostrou que a cada aumento de 1mg/dl ocorre uma diminuição entre 2% e 3% do risco de doenças cardiovasculares).

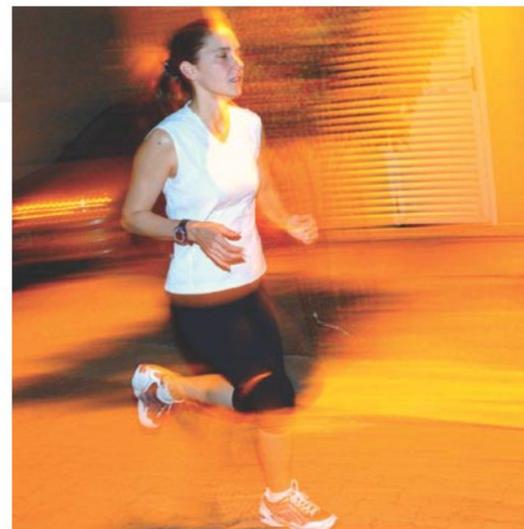


FOTO DE FLAVIO FIORDO/FOLHA IMAGEM

Para Kodama, esses percentuais são importantes do ponto de vista da saúde pública, mas muito menores que aqueles alcançados com medicamentos (ele cita fibratos e niacinas).

Outra surpresa que vai de encontro ao que é amplamente disseminado por profissionais de saúde e dos esportes: frequência e intensidade dos exercícios não se mostraram efetivas para aumentar o HDL. Contou apenas a duração das sessões de exercícios. Quando os participantes dos programas se exercitaram de 23 a 74 minutos, cada 10 minutos de acréscimo na duração da sessão corresponderam a um aumento de 1,4 mg/dl. Segundo o autor, esses resultados sugerem que, para aumentar os valores do HDL, é melhor aumentar o tempo da sessão de exercício do que praticá-los várias vezes e em sessões de curta duração.

Advertência: exercícios aeróbicos podem não afastar definitivamente o risco de doenças cardiovasculares, mas é bom lembrar que eles têm (muitos) outros benefícios para a saúde.

*Archives of Internal Medicine*, 28/05/07

**ESTATINAS: SEGURAS, BEM TOLERADAS E EFICAZES** • Bem, o título desta nota já diz quase tudo. A estatina, uma das drogas mais populares do momento por baixar os níveis de colesterol e assim prevenir doenças cardiovasculares, ganhou agora um tipo de certificado de (boa) qualidade. O artigo de revisão, que avaliou estudos feitos entre 1985 e 2006 e que envolveram cerca de 20 mil adultos do Reino Unido, alega que as estatinas reduzem o 'mau' colesterol (LDL) no sangue entre 30% e 45%. Aprovadas em 1987, essas substâncias, desde então, diz o autor, têm contribuído para reduzir entre a população os riscos de doenças cardiovasculares, bem como o número de cirurgias cardíacas. O artigo avaliou que as estatinas, em doses-padrão, são seguras até para idosos ou alcoólatras – porém, para os muito idosos, acima de 80 anos, pode haver um aumento do risco de miopatia (dores ou fraquezas musculares). Por sinal, as miopatias parecem ser o principal efeito colateral do uso constante das estatinas, mas que os autores classificam como raras, quando as doses são as adequadas. (*The Lancet*, v. 360, n. 9.326, pp. 7-22, 2007)

**COGNIÇÃO ANTES DA ADOLESCÊNCIA**

Esta é não só para neurocientistas, psicólogos e neurologistas, mas também para professores e pais (ou qualquer um envolvido na educação de crianças). O mais espantoso entre os surpreendentes resultados de uma pesquisa sobre o cérebro de crianças: o desenvolvimento das funções cognitivas e motoras desacelera bruscamente pouco antes da adolescência.

Segundo a coordenadora clínica do projeto, Deborah Waber, do Hospital das Crianças da Universidade Harvard (Estados Unidos), a taxa de crescimento para muitas funções cerebrais reduz-se significativamente por volta dos 11 ou 12 anos de idade. Segundo ela, as crianças nos primeiros anos do ensino fundamental, lá pelos seis anos de idade, aprendem os ‘blocos básicos’ cognitivos. Daí em diante, passam a usá-los, ou seja, usam o que têm.

O estudo começou em 1999, envolvendo 385 crianças e jovens saudáveis entre seis e 18 anos. Esse total foi escolhido entre milhares de crianças de várias classes sociais dos Estados Unidos. Além de exames de ressonância magnética nuclear, os eleitos foram submetidos a uma bateria extensa de testes (leitura, compreensão, cálculos matemáticos, tarefas motoras, memória, processamento de informação etc.) durante quatro anos. Cada criança repetiu essa bateria três vezes nesse período. A seleção, segundo os autores, foi rigorosa: crianças expostas a tabaco e álcool durante a fase uterina foram excluídos, por exemplo. Também foram medidos níveis hormonais dos participantes.

Meninos e meninas, depois dos 11 ou 12 anos, tiveram resultado praticamente igual nos testes. Antes, porém, meninos foram ligeiramente melhores naqueles relativos à percepção, enquanto as meninas se sobressaíram nos de destreza física, velocidade de processamento da informação e tarefas verbais.

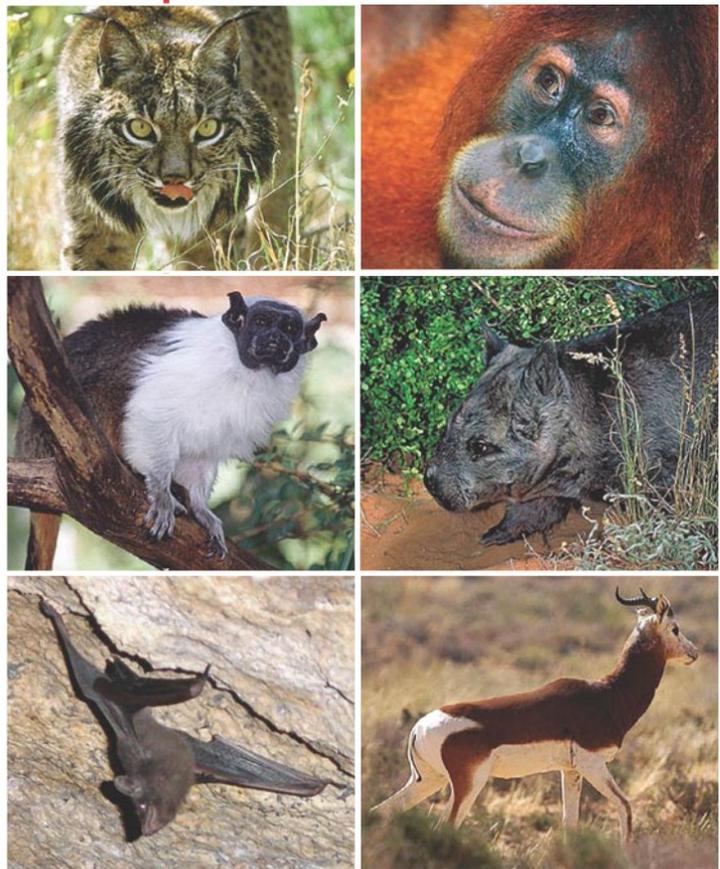
Outro resultado surpreendente (e que contraria resultados de outros estudos): a diferença nos resultados obtidos por crianças de diferentes classes sociais foi muito modesta. Antes dos 11 ou 12 anos, crianças mais ricas se saíram melhor que as mais pobres em testes de inteligência (tipo QI), compreensão de textos e cálculos matemáticos. Mas os resultados foram semelhantes em memória e leitura, por exemplo. Um estudo complementar com a análise das imagens de ressonância será publicado em breve.

Os autores esperam que esses resultados formem no futuro um banco de dados sobre o cérebro ‘normal’ e que sirva de base de comparação para estudos sobre autismo, dependência química etc.

*Journal of the International Neuropsychological Society*, 18/05/07, pp. 1-18

**SINTONIA FINA**

O surgimento e a extinção de espécies é um processo natural. Mas a natureza, às vezes, dá uma força extra para aumentar bruscamente essa taxa (principalmente, a de extinção). Os culpados, no caso, são asteróides que caíram sobre a Terra, a subida do nível dos mares, mudanças bruscas de clima etc. Até onde se sabe, foram cinco extinções em massa na história do planeta (a mais famosa, talvez, a que levou ao desaparecimento dos dinossauros por um asteróide que se chocou com o planeta). Agora, os ecologistas dizem que estamos vivenciando a sexta, pois já é possível detectar, para várias espécies, uma taxa de extinção de 100 a mil vezes maior que a natural (alguns especialistas citam 10 mil vezes). Culpado: o homem. Dados da IUCN (sigla, em inglês, para União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais), alegam os especialistas, corroboram essa hipótese: há, no momento, 3.071 espécies com a tarja ‘risco crítico de extinção’. Os animais das imagens abaixo são alguns dessa lista.



WWF / EPA-QUEENSLAND / WWF / JUSTIN GERLACH - NATURE PROTECTION TRUST / PETER DOLLINGER - MUIHOUSE ZOO

Em sentido horário, a partir do canto superior esquerdo: lince ibérico (*Lynx pardinus*), orangotango da Sumatra (*Pongo abelli*), vombate-de-nariz-peludo de Queensland (*Lasiorhynchus krefftii*), gazela-dama (*Gazella dama*), morcego-de-cauda-revestida-de-seychelles (*Coleura seychellensis*) e sauím-de-coleira (*Saguinus bicolor*)

## ALEXANDRE... TÃO GRANDE ASSIM?

As geociências talvez causem um arranhão na imagem do líder militar e conquistador macedônio Alexandre, o Grande. Surgiram (fortes) evidências de que ele teria contado com uma ‘mãozinha’ da mãe-natureza no que é considerada pelos historiadores militares como a maior vitória da carreira dele.

Em 332 a.C., os exércitos de Alexandre marcharam ao longo da costa fenícia. Até lá, eles haviam deixado um rastro de vitórias (e de devastação e mortes, obviamente). Porém, a 1 km da costa estava a ilha de Tiro (hoje, Líbano), com águas cuja profundidade era, em média, de 10 m. Sete meses depois, Alexandre chegou à ilha e abriu um rombo nas muralhas de 50 m de altura, contabilizando mais uma conquista para seu currículo, que se encerrou aos 32 anos de idade com a sua morte prematura. Segundo os historiadores, foi o início do fim do império fenício.

A conquista de Tiro obrigou os engenheiros do exército de Alexandre a construir uma estrada à base de rochas e troncos para chegar à ilha. Levando em conta a tecnologia disponível na época, os historiadores sempre se mostraram impressionados com o fato de que esse caminho artificial tivesse sido feito so-



MUSEU NACIONAL DE NAPLES

bre um manto de 10 m de água. Algo nada trivial para a época.

Agora, o geólogo Nick Marriner e colegas, do Cerege (sigla, em francês, para Centro Europeu para a Pesquisa e o Ensino de Geociências do Meio Ambiente), com base em amostras (sedimentos, microfósseis etc.) coletadas nas proximidades da ilha de Tiro, concluíram que a profundidade na época da batalha era bem mais modesta: algo entre 1 m ou 2 m, o que teria facilitado, em muito, a construção da estrada. Um rio próximo, o Litani, teria, há cerca de 5,5 mil anos, começado a lançar sedimentos na região, formando um tipo de plataforma entre a costa e a ilha.

Além disso, a ilha de Tiro – hoje praticamente um istmo – agiu como um tipo de barreira para as ondas, permitindo, com isso, que mais material se acumulasse entre a ilha e o continente.

Agora, é esperar pela réplica dos historiadores militares.

*Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, pp. 9.218-9.223 (2007)

**DEDOS, MATEMÁTICA E LÍNGUAS** • Meninos cujo quarto dedo (aquele em que normalmente se usam os anéis, também conhecido como anular ou ‘seu vizinho’) é maior que o segundo dedo (indicador ou ‘fura bolo’) tendem a ser melhores em matemática. Para meninas, quanto mais curto for o ‘seu vizinho’, maiores as chances de elas se saírem bem com as habilidades da fala. Mas qual a ligação entre o tamanho dos dedos da mão e essas funções cognitivas? Para autores do estudo, feito com 74 meninos e meninas entre seis e sete anos de idade do Reino Unido, esses dois parâmetros estão relacionados aos níveis do hormônio testosterona aos quais as crianças são expostas na fase uterina. Medir a razão entre os dedos tem sido há anos um interesse dos cientistas. Por exemplo, sabe-se que homens tendem a ter o quarto dedo maior que o segundo, o que indicaria alta exposição do feto ao hormônio. Nas mulheres, o tamanho desses dois dedos costuma ser igual (baixa exposição). A razão entre dedos, em homens e mulheres, já foi associada a depressão, musicalidade, canhotismo e homossexualidade. Críticos alegam que a relação entre hormônios e funções cognitivas não é tão simples assim. Outros dizem que essa associação nem mesmo está comprovada. (*British Journal of Psychology*, maio de 2007)

## SINTONIA FINA

**Demonstrando bom faro jornalístico** para temas quentes deste início de século, o grupo *Nature* de publicações científicas acaba de lançar dois novos portais na internet: *Nature Report Stem Cells* e *Nature Reports Climate Changes*. Os dois saem em grande estilo. O primeiro traz um comentário (com o título sugestivo ‘Homem ou Animal? Homem e Animal!’) de Ian Wilmut, ‘pai’ da ovelha Dolly, o primeiro animal clonado da história. Trata de tema polêmico: deveria ser dada aos cientistas autorização para introduzir núcleos humanos em células de animais, mesmo que esses híbridos não gerassem embriões. Segundo Wilmut, diretor do Centro Escocês para a Medicina Regenerativa, isso seria uma ferramenta poderosa para entender o desenvolvimento de doenças de fundo genético e, com isso, buscar uma cura ou tratamento para elas. Wilmut acha que vale enfrentar as barreiras éticas, em face dos resultados que serão obtidos. Na segunda publicação, Jeffrey Sachs, da Universidade Columbia (Estados Unidos), propõe que a sociedade busque uma estratégia efetiva de diminuir as emissões de gases do efeito estufa, deixando de lado as discussões “sem fim” sobre “justiça e eficiência perfeitas” para isso. Para ele, os esforços deveriam ter como alvo um grupo seletivo de atividades de alto impacto, como plantas de produção intensiva de combustíveis fósseis e desflorestamento. Isso, segundo ele, é melhor que apontar para reduções de CO<sub>2</sub> (o principal gás do efeito estufa) por setor. Achar um balanço entre as perdas dos benefícios sociais e a redução é difícil, reconhece, “mas possível”. No comentário há números que fazem pensar: por volta de 2050, o custo para a redução das emissões deverá bater na casa de US\$ 2 trilhões por ano (cerca de quatro vezes o Produto Interno Bruto Brasileiro no 1º trimestre deste ano). E, obviamente, quanto mais tarde a humanidade atacar o problema, mais alta será a conta.

## Cássio Leite Vieira Ciência Hoje/RJ

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEUROSCIENCE, NATURE NEWS, NATURE MATERIALS, GENE THERAPY, PHYSICS NEWS UPDATE (THE AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW FOCUS (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY), PHYSICS WEB SUMMARIES (INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW LETTERS, SCIENTIFIC AMERICAN, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, EUREKALERT EXPRESS, THE PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, BBC SCIENCE/NATURE, NEW SCIENTIST, NANOTECHWEB NEWS ALERT, FOLHA DE S. PAULO, AGÊNCIA FAPESP, CELL PRESS, CHANDRA DIGEST, ASTROPHYSICAL JOURNALS, GRAVITY PROBE B UPDATE, INTERACTIONS NEWS WIRE, MEDICAL NEWS TODAY, ALPHAGALILEU, ROYAL SOCIETY LATEST UPDATE, SCIDEV.NET, UNIVERSO FÍSICO, SCIDEV.NET WEEKLY UPDATE, PICKED UP FOR YOU (H. WACHSMUTH / CERN)

# Do risco da desordem pelo alto

**Renato Lessa**

*Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro, Universidade Candido Mendes*



**A**pós cerca de dois séculos de regime representativo, a definição do que significa o interesse público permanece sujeita a dilemas e desafios. A solução representativa do problema – a maioria escolhe a minoria incumbida da feitura das leis – sustenta-se em um princípio aristocrático. Na origem desse sistema, encontramos a voz do pensador e estadista norte-americano James Madison (1751-1836) a assegurar que o ‘esquema da representação’ se orienta para a seleção de uma elite dotada da prerrogativa de legislar e de definir o que é o interesse público.

O mundo da representação viria a sofrer, nos séculos 19 e 20, os impactos do alargamento dos eleitorados. A universalização do voto pôs o tema da democracia em uma nova perspectiva, já que não se trata mais de operar por mecanismos diretos de intervenção da população na definição do interesse público, tal como na cidade grega, mas em sua incorporação crescente ao processo de escolha daqueles que terão a prerrogativa de fazê-lo. Essa nova democratização convive com o traço aristocrático do regime. Nesse sentido, a busca do interesse público será sempre hipotética.

No século 20 produziu-se literatura científica abundante a respeito dos limites do esquema da representação como tradutor da diversidade social. Tal esquema foi, sem dúvida, capaz de estabelecer a operação regular de um princípio aristocrático, fundado na delegação eleitoral, mas seu desempenho no tocante à ‘representação’ é, no mínimo, discutível. A idéia de ‘delegação’ para que alguém legisle parece fazer mais sentido do que a de ‘representação’ em si.

O mesmo princípio aristocrático está presente nas atribuições e no papel efetivo assumidos pelo Poder Judiciário – e pelo sistema de justiça em geral – nas sociedades atuais. O que os estudiosos designam como “judicialização da política”, mais que um processo de reconfiguração da relação entre os poderes, indica que o sistema de justiça é um elemento ativo no processo de definição do interesse público, e não apenas um guardião passivo de sua integridade.

É fundamental associar essa transfiguração à crise progressiva do sistema de representação, como fenômeno global e, em particular, como dimensão

dramática e expressiva do processo político brasileiro. A disseminação dos sinais de degradação legislativa e governamental – em vários níveis e segmentos – cria uma forte expectativa social quanto ao desempenho do sistema de justiça.

Aqui, também, há dilemas e desafios pesados. Dois podem ser destacados como os mais expressivos e delicados. Em primeiro lugar, é importante considerar que a atribuição ao sistema de justiça de um papel na definição do interesse público se inscreve na tradição de que cabe a corpos aristocráticos tal prerrogativa. O desafio atual é como ‘democratizar’ esse elemento, dotado de uma constituição e de uma dinâmica de corte aristocrático. Em segundo lugar, há que enfrentar os riscos da ‘delinqüência judiciária’. Para tal, é essencial ter clareza de que o fenômeno, presente no envolvimento de magistrados com circuitos criminosos, não resulta de simples adição de comportamentos individuais delituosos. Tal delinqüência, ao que parece, decorre de forte demanda, incrustada na sociedade brasileira, por informalidade e ilegalidade. Demanda proveniente de um empreendedorismo ilegal, que exige padrões próprios de cobertura legal e de proteção pública.

Esse processo de constituição de uma ‘superestrutura jurídico-política’ para a vida econômica e social ilegal e informal, com magistrados e operadores

da Justiça envolvidos em circuitos criminosos, tem como efeito uma desorganização do social. O risco da delinqüência introduz na dinâmica da sociedade a possibilidade de desordem e de imprevisibilidade pelo alto.

Não há, em princípio, incompatibilidade entre aristocracia e definição de interesse público. O insucesso do sistema de representação resultou de sua transformação crescente em uma autarquia fundada na delegação eleitoral, com vínculos cada vez mais tênues com a sociedade. O fracasso do sistema de justiça nessa enorme tarefa não está escrito nas estrelas, ele sobreviverá apenas se a resistência à visibilidade pública e a proteção a delinqüentes se tornarem suas cláusulas pétreas. ■

---

A constituição de uma ‘superestrutura jurídico-política’ para a vida econômica e social ilegal e informal tem como efeito uma desorganização do social

# Um concerto de

## Ciência, tecnologia e inovação na Amazônia

*A ciência, a tecnologia e a inovação na Amazônia demandam pronta ação. O conhecimento sobre a região ainda é limitado, a estrutura de pesquisa e de ensino superior (em especial a pós-graduação) é pequena diante do imenso desafio, o número de professores e pesquisadores está muito aquém das necessidades, faltam investimentos na proporção adequada. É vital, para modificar esse quadro, promover um amplo debate sobre o caminho a ser seguido na Amazônia e sobre o papel que a ciência, a tecnologia e a inovação podem e devem desempenhar nessa trajetória.*

**Adalberto Luis Val**  
**Sylvia Caritas de Souza Garantizado**  
**e Vera Maria Fonseca de Almeida-Val**  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

# múltiplas notas

Em concerto recente no belo Teatro Amazonas, em Manaus, a sinfonia nº 5, de Pyotr Tchaikovsky, encantou o público presente. Diante da grandeza da obra, uma comparação com as atividades em ciência, tecnologia e inovação na Amazônia foi inevitável. Enquanto a sinfonia se desenvolve entre os tempos musicais *andante* e *allegro*, a área científica e tecnológica segue hoje, na região, um andamento mais para *lentissimo*, com raras exceções. O cenário, os atores e o condutor são fundamentais tanto em um espetáculo musical quanto na ciência e na tecnologia, mas a situação destas na Amazônia mostra um forte contraste com o que se observa nas demais regiões brasileiras e em outros países. Este texto busca chamar a atenção para essa situação e para os dramáticos desafios que precisam ser vencidos se quisermos mudar o andamento do espetáculo que a ciência, a tecnologia e a inovação podem proporcionar no espaço amazônico.

## O CENÁRIO AMAZÔNICO

Qualquer análise do contexto amazônico começa inevitavelmente por considerações sobre o tamanho da região. Esse tamanho, se por um lado desperta interesse, por outro tem representado um obstáculo a ações mais efetivas para o seu desenvolvimento e sua integração nacional. A Amazônia ocupa, apenas no território brasileiro, uma área de 4,2 milhões de km<sup>2</sup>, que perfaz cerca de 60% da superfície do Brasil e equivale à extensão da Europa. A Amazônia estende-se ainda pelos outros países do norte da América do Sul, incluindo o departamento francês ultramarino Guiana Francesa. Esse amplo espaço exhibe, desde tempos geológicos remotos, condições ambientais singulares que levaram ao aparecimento de muitos ecossistemas, os quais abrigam hoje uma fauna e uma flora cujas diversidades e características biológicas ainda estão longe de serem conhecidas. O espaço amazônico e sua biodiversidade talvez só sejam rivalizados pelos também desconhecidos 'eldorados' da Antártida e do fundo do mar. ▶

RICHARD UST/CORBIS/ATTN/STOCK

Essa flora e essa fauna têm sido exploradas por aventureiros – durante a década de 1990, por exemplo, tivemos mais de 120 expedições científicas estrangeiras na Amazônia, segundo levantamento da jornalista Silvia Fujiyoshi. Elas interagem em todos os ambientes de uma imensa bacia hidrográfica, também muito diversa, como mostrou o limnologista Harald Sioli (1910-2004). Essa bacia, que conduz 20% de toda a água doce que entra nos oceanos do mundo (mais de 200 mil m<sup>3</sup> de água por segundo) e 80% da água doce do Brasil, tem despertado o interesse de muitas nações em função do rápido esgotamento das principais fontes de água do planeta. Essa riqueza, a água – um tecido vivo *in loco* –, é pouco conhecida, e na Amazônia ela toma dimensões únicas, pois rege todo o ritmo biológico dos ecossistemas aquáticos e terrestres. É um cenário singular que não pode nem deve ser comparado a outros cenários hídricos do planeta.

Integram esse cenário os seres humanos, muitas vezes meros coadjuvantes nos planos para a região, que tendem a destacar o ambiente e sua diversidade biológica. É urgente valorizar os predicativos “social, cultural e moral” da região, como defendeu o economista Armando Dias Mendes em 2005. Vivem na região cerca de 180 povos indígenas, remanescentes de populações que, antes da ‘Conquista’, somavam de 3 a 5 milhões de pessoas. A esses povos juntam-se algumas centenas de quilombolas e um incontável número de ribeirinhos com contribuições relevantes para a economia regional.

Hoje, vivem na Amazônia cerca de 20 milhões de brasileiros, que produzem cerca de 10% das riquezas do país. Manaus, por exemplo, tem a quarta posição entre os municípios com maior produto interno bruto (PIB), segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Entretanto, desde o Tratado de Madri de 1750 – o ajuste geopolítico de fronteiras que reconheceu a expansão do domínio português na Amazônia e a ocupação das ilhas Filipinas pela Espanha – mantém-se um quadro desfavorável para a produção de informação acerca dessa região. Isso limita as intervenções sociais e ambientais e marginaliza o desenvolvimento da região.

Esse cenário inclui hoje mais dois aspectos: a nova ordem geopolítica no norte da América do Sul e as mudanças climáticas globais. Essas questões precisam ser consideradas no estabelecimento de estratégias de desenvolvimento para a Amazônia que respeitem suas ‘amazonidades’ (neologismo, cunhado por Armando Dias Mendes, que engloba tudo o que é específico da Amazônia), pois a região não se vê mais como uma ‘fronteira’. A evolução das ações para a região, porém, exige uma base de informações que ainda não tem a dimensão e a robustez necessárias. De novo, o tempo é um adversário de peso – é necessário buscar o concerto das atividades para que se possa evoluir com a rapidez e a harmonia desejáveis.

O recente reordenamento geopolítico na América do Sul, decorrente de eleições presidenciais em vários países, associado ao fracasso da Rodada de Doha, a reunião internacional que determinaria novas regras para o comércio mundial,

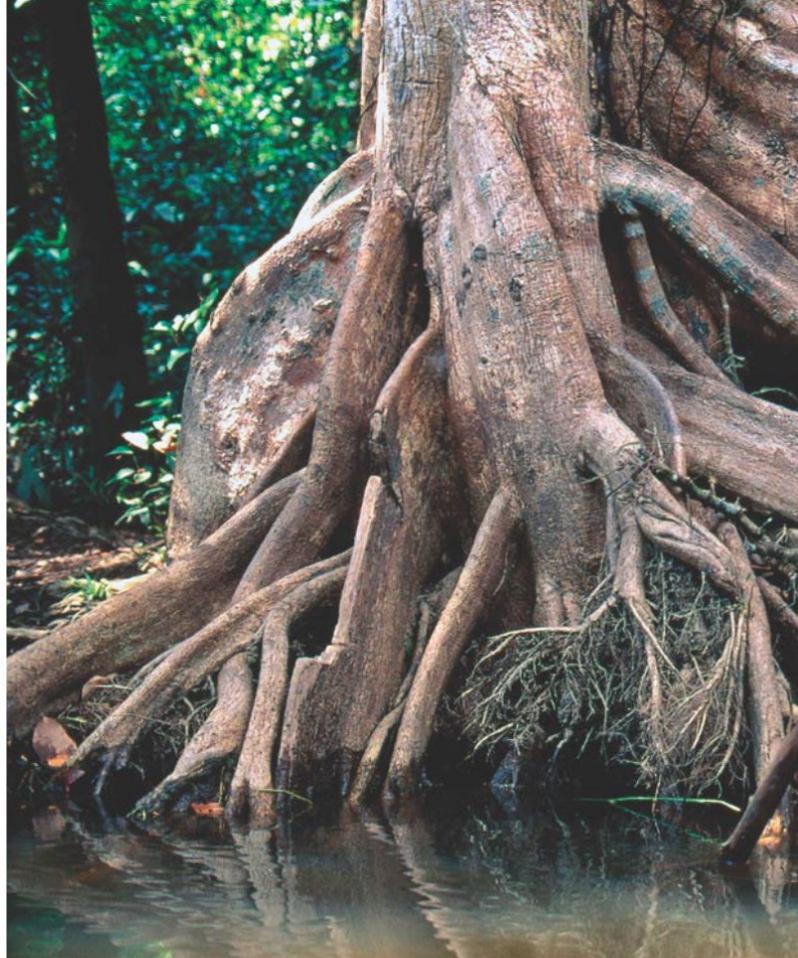


PHOTO RESEARCHERS/LAINSTOCK

explicitaram um conjunto de estratégias que colocam o Mercosul em uma posição privilegiada, mas com o centro deslocado da bacia do Prata para o Norte e com a Amazônia ocupando posição central nesse processo. Para o Brasil, o novo desenho envolve ações distintas com os demais países, que incluem desde questões de fronteira com a Colômbia, em função das atividades de guerrilheiros daquele país (as Forças Armadas Revolucionárias da Colômbia – Farc), até discussões com a Venezuela e a Bolívia sobre temas relacionados à produção de energia.

Uma integração sul-americana envolvendo a Amazônia demandará informações variadas para ser viabilizada sem prejuízos para o meio ambiente. Como se trata de uma região-pivô para o processo de integração, será necessário, por exemplo, aumentar a produção de energia. O caminho escolhido pelo governo brasileiro para isso é a construção de novas hidrelétricas. Quais são, no entanto, os melhores locais para instalar novos reservatórios para geração de energia na região? Não sabemos. Falta um diagnóstico consistente das hidrelétricas já existentes, que deve incluir seus efeitos sobre os ciclos biogeoquímicos e sobre a diversidade biológica regional. Essas unidades devem também ser avaliadas quanto à geração de gases que contribuem para o aquecimento global. Além da geração de energia, a redução do isolamento regional impõe a construção de estradas e pontes, o que tem de ser feito de forma sustentável, possibilitando a preservação da floresta.

Em síntese, a integração sul-americana em relação à Amazônia deverá ocorrer, de forma gradual ou não, e demandará informações de todos os tipos e em todos os níveis. O Brasil



se destaca entre os países amazônicos capazes de contribuir e gerar informações sobre esse ambiente tropical, ainda que o parque científico-tecnológico instalado na Amazônia brasileira esteja anos-luz atrás dos existentes em outras regiões do Brasil, como revelam os relatórios oficiais sobre esses setores.

O segundo recorte – as mudanças climáticas globais – é mais preocupante e envolve conseqüências das ações humanas não só na Amazônia, mas em outros países. Os vários modelos usados na avaliação dessas mudanças apontam para um efeito dramático do aquecimento global sobre a Amazônia, com profundas alterações da fisiografia local. O recente relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC, na sigla em inglês) reforçou essa preocupação. Ganha corpo o conceito de que manter a floresta em pé é vital para o clima da região e do mundo e para a vida dos amazônidas. No entanto, enquanto não se proporcionar um caminho digno para a geração de renda, que possa competir com a extração de madeira e a implantação de pastagens para gado e culturas agrícolas, a floresta continuará a ser derrubada.

De novo, a ciência tem um papel fundamental, tanto na validação dos modelos computacionais usados em pesquisas, que fornecem dados relevantes mas não substituem a verdade de campo, quanto nas avaliações antropológicas e sociais. A ciência pode e deve contribuir para a busca de alternativas que reduzam as pressões antrópicas sobre a floresta e constituam novas formas de gerar renda. Infelizmente, as instituições existentes na Amazônia estão – em número, qualificação, infra-estrutura e suporte financeiro – muito aquém da

possibilidade de atender a essa demanda. Não é demais mencionar novamente que o tempo é adversário rigoroso.

## OS BASTIDORES

Se a Amazônia ocupa um lugar de destaque nas preocupações nacionais e mundiais quanto a clima e meio ambiente, por que as informações não são produzidas no mesmo ritmo em que ocorre a demanda por elas? A razão fundamental para esse descompasso é a falta de gente qualificada, capaz de pensar, de interagir com o ambiente, de entender os anseios da sociedade, de postar-se à frente de seu tempo e propor as melhores ações no presente para contribuir com a construção de um futuro mais saudável. Adicionalmente, são necessárias condições físicas adequadas, isto é, laboratórios equipados, atualizados, interconectados com bases de dados e com centros desenvolvidos para permitir a produção de informações de alta qualidade, robustas e confiáveis. Além disso, essa produção requer processos bem estruturados de inovação, por meio dos quais as informações sejam convertidas em ações multiplicadas. Por fim, uma coesa articulação entre os diferentes elos do processo é vital. Isso pode parecer trivial, mas na Amazônia toma proporções desoladoras, em decorrência da histórica falta de investimentos e das dimensões físicas e ambientais.

Os profissionais que produzem informações científicas e tecnológicas são formados nas universidades e institutos de pesquisas e ninguém desconhece a relação intrínseca que existe entre o número deles e a produção de riqueza em uma dada região. Essa relação é igualmente verdadeira no que refere ao financiamento da produção de informações. A Constituição brasileira determina que cada estado tenha pelo menos uma universidade federal e isso ocorre com os nove estados da Amazônia legal, sendo que o Pará tem duas (Universidade Federal do Pará e Universidade Federal Rural da Amazônia) – no total, portanto, são 10 universidades federais. Além dessas instituições de ensino, estão situados na região três institutos de pesquisas do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT): o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), que mantém vários programas de capacitação em nível de doutorado, inclusive em cooperação com outras instituições, o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSMA) (ver ‘Mamirauá: protegendo um ecossistema rico e ameaçado’ nesta edição).

As universidades estaduais (presentes hoje em Mato Grosso, Maranhão, Pará e Amazonas) estruturaram-se a passos largos e pelo menos uma (do Amazonas) oferece significativa capacitação em nível de pós-graduação. Por fim, as iniciativas particulares começam a se juntar a essa mobilização. Ainda que o esforço tenha sido hercúleo na última década, apenas 102, dos 2.449 programas de pós-graduação existentes no país, funcionam em instituições da Amazônia, segundo dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível

Superior (Capes). Desses 102, só 31 são de doutorado, e isso representa apenas 2,48% dos programas com esse nível no país. Belém e Manaus destacam-se, na região, como os principais centros para esse nível de capacitação, embora todos os estados amazônicos tenham hoje ao menos um programa de pós-graduação. As ações na região deverão, sem dúvida, calcar-se nesse quadro que, embora ainda modesto, representa um novo momento.

Entretanto, não basta capacitar recursos humanos. É preciso fixar o pessoal pós-graduado na Amazônia. Esse é o maior gargalo. Ainda que existam várias iniciativas locais de contratação de pessoal, no nível federal é preciso desencadear uma ação revolucionária e viabilizar a expansão do quadro de professores em universidades federais e pesquisadores em institutos de pesquisas da região, tornando-os competitivos para responder à crescente demanda por informações sobre a Amazônia e ao crescente interesse pelas coisas da região. Ressalta-se que o atual conjunto de instituições localizadas na Amazônia é pequeno e, por isso, a construção articulada de uma sólida cooperação nacional é não só desejável, mas vital. O MCT percebeu isso nitidamente e buscou implantar programas integradores, envolvendo instituições de outras regiões do país. Um deles, inclusive, deu origem a um novo programa de pós-graduação de mestrado e doutorado, o Programa de Clima e Ambiente, a ser desenvolvido pelo Inpa e pela Universidade do Estado do Amazonas.

É importante destacar que os governos dos estados amazônicos têm procurado não só implantar programas de pós-graduação, mas também estabelecer políticas locais de ciência e tecnologia (C&T), por meio de editais de financiamento de projetos de pesquisas que produzam informações relevantes para a tomada de decisão local. Esse esforço regional, porém, não pode significar desistência de propósitos nem fim da esperança na construção conjunta entre estados e Nação de uma política de C&T para a Amazônia.

O que dizer da infra-estrutura? Para produzir informações de alta qualidade são necessários laboratórios adequados, bem equipados e integrados. Também nesse aspecto os governos federal e estaduais e os fundos setoriais de ciência e tecnologia têm atuado, por meio de editais, no sentido de recuperar unidades existentes e construir novas, o que permitirá avanços no estudo da biodiversidade, do meio ambiente, do clima e das condições sociais reinantes na Amazônia. No entanto, é indispensável melhorar a conectividade e a velocidade de comunicação entre as unidades da região e destas com as das demais regiões do país. A otimização da produção dessas unidades depende também da fixação de pessoal qualificado.

Pessoal qualificado e infra-estrutura adequada permitem gerar informações que devem ser transferidas à sociedade. A apropriação das informações pela sociedade é de vital importância para ampliar o produto interno bruto (PIB) regional, em especial por meio de ações voltadas à inovação. É conhecida a relação entre o número de doutores e parâmetros como o PIB, o investimento em C&T e a capacidade de formar pessoal em nível de mestrado e doutorado. O desenvolvi-

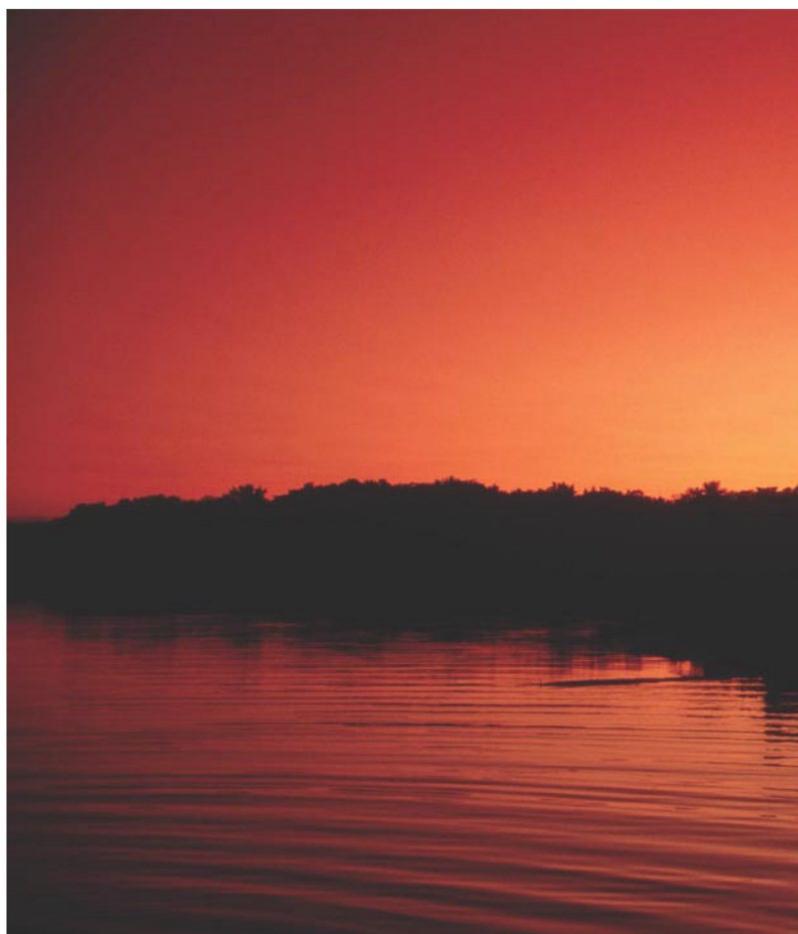
to da região, portanto, depende e dependerá sempre da ampliação do número de doutores nas diferentes áreas do conhecimento. Essa é a forma de escapar de um círculo vicioso: se não há doutores, não há fomento; se não há fomento, não há formação de pessoal de alto nível; e se não há pessoal de alto nível, não há desenvolvimento.

Em síntese, no palco amazônico faltam especialistas em número suficiente para vencer o tempo perdido desde o Tratado de Madri e a inércia existente no sistema, que vem ampliando a vulnerabilidade da Amazônia, no que tange à inclusão social. A importação de soluções pensadas fora da região não trouxe o desenvolvimento almejado – é necessário, assim, que as soluções nasçam da reflexão local, por meio da interação com a sociedade amazônica.

## A REGÊNCIA

As dimensões da Amazônia impõem ações desenhadas em função de vocações que devem ser previamente definidas e devem envolver a participação de diferentes ministérios, governos estaduais, setores empresariais e sociedade civil, em grande concerto. A regência dessa ação no tempo e no espaço assegurará a participação social e a inclusão dos anseios da sociedade amazônica entre as preocupações da ciência e da tecnologia na e para a região. Muitos projetos e planos de C&T foram concebidos para a Amazônia nas últimas décadas, mas têm configurado uma agenda sempre fragmentada: não houve uma ação integradora e extensiva por toda a região,

CARL & ANN PURCELL/CORBIS/LATINSTOCK



nem esta foi incluída na agenda brasileira. A consequência foi o distanciamento do processo produtivo, da inovação e, principalmente, da inclusão social.

O desenvolvimento de um cenário favorável, integrador e inovador para C&T na Amazônia é um desafio que inclui a construção de um ambiente nacional para a discussão e gestão da região. Ambiente no qual a sociedade regional esteja integrada, criando condições para uma gestão autônoma, compatível com as vocações das diferentes mesorregiões. É importante que as ações sejam orientadas por temas e não por disciplinas científicas, isto é, a competência precisa ser reunida ou formada em torno dos grandes temas regionais: biodiversidade, água, mineração, integração social, saúde, recuperação de áreas degradadas, logística e engenharia de transportes, biotecnologia, direito ambiental e outros.

O Fórum Amazônico de Gestão e Estudos Estratégicos em C&T, proposto em 2005 pelo documento 'Mecanismos estratégicos em C&T na Amazônia' (Mecta, Agência de Desenvolvimento da Amazônia, 2005), é a alternativa viável. Entre os objetivos fundamentais desse Fórum estaria a construção de modelos e ferramentas que possibilitem a gestão eficiente de recursos técnicos, materiais e financeiros originários de diferentes fontes. Um fundo amazônico de C&T deveria ser criado como forma de suprir integralmente as necessidades institucionais, sem prejuízo das ações locais.

As ações deveriam ser pensadas em quatro níveis ou escalas: macro, meso, micro e nano (como ressaltaram Estevão Monteiro de Paula, Nadja Lepsch Cunha, Regina Luizão, Vera M. F. Almeida-Val e Adalberto L. Val, no documento 'Ciência na/para Amazônia – Contribuição ao documento da

Academia Brasileira de Ciências'). Na primeira, estariam ações estratégicas, envolvendo os tomadores de decisão sobre as intervenções na Amazônia. Além do fórum e do fundo, é vital, para os autores do documento, a criação de um centro de assessoramento e formação de recursos humanos em ciências políticas e socioeconômicas na Amazônia. Esse centro concentraria as reflexões sobre os diferentes cenários de forma a subsidiar a tomada de decisões. No nível 'meso' estariam atividades de fomento direcionadas à execução das metas estabelecidas pelo fórum, de maneira concertada para as diferentes mesorregiões. Essas atividades seriam executadas por secretarias estaduais, fundações de Amparo à Pesquisa, setores empresariais e pelo órgão gestor do fundo amazônico de C&T. Nos outros dois níveis, estariam de um lado as instituições de ensino e pesquisa, responsáveis pela produção de informações e pela capacitação de recursos humanos para as diferentes ações, e de outro os diferentes elos da cadeia produtiva e da sociedade organizada para manifestar seus anseios.

Para situações complexas não há solução única. Nas ações dos diferentes níveis mencionados devem ser inseridos vários recortes, entre os quais se destacam os relacionados a: 1. 'participação social', com formação de pessoal em todos os níveis do ensino formal, acesso a informações e tecnologias para a educação, saúde, nutrição e comunicação; 2. 'conservação da natureza', com mecanismos modernos de gestão ambiental integrados aos órgãos de vigilância; e 3. 'produção sustentável', com uso das informações já produzidas pelas instituições regionais.

## FINALE

Um dito popular chinês diz que "prever é difícil, sobretudo quando se trata de futuro". Isso é particularmente válido para a Amazônia. O futuro da região será tão mais incerto quanto menos soubermos o que nela existe e o seu comportamento em resposta às grandes mudanças que vêm acontecendo no mundo. É essencial produzirmos informações consistentes, para que possamos tornar menos incerto esse futuro. As bases para isso existem: o cenário é rico, biodiverso e promissor e os atores, embora em número ainda pequeno para dar conta do espetáculo, constituem a base para uma grandiosa apresentação. Uma regência plena, com investimentos adequados, compatíveis com os crescentes interesses sobre a região, poderá, sem dúvida, dar um novo ritmo em ciência, tecnologia e inovação na Amazônia. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

BECKER, B. K. 'C/T&I para conhecimento e uso da biodiversidade amazônica'. Anais da III Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, março de 2005 ([www.cgee.org.br/cncti3/](http://www.cgee.org.br/cncti3/)).

DA SILVA, F. C. T. 'Amazônia: região-pivot da integração sul-americana', in *Análise de Conjuntura OPISA*, nº 7, julho de 2006.

MENDES, A. D. 'Ciência, tecnologia e invenção, inovação, inclusão: o caso amazônico', in *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 1, nº 2, jan./jun. 2006, p. 69 ([www.bancoamazonia.com.br/revistaamazonia02.htm](http://www.bancoamazonia.com.br/revistaamazonia02.htm)).

VAL, A. L. Formação e fixação de recursos humanos – Ações essenciais para a Amazônia. *Ciência e Cultura*, v. 58, nº 3, p. 41, jul./ago./set. 2006.



# Amazônia, desflor

A área drenada pelos rios que formam a parte sul da bacia amazônica abrange seis dos nove estados integrantes da Amazônia legal. A derrubada da floresta, que se intensificou a partir dos anos 70, atinge principalmente essa faixa, banhada por sete grandes rios (Tocantins, Araguaia, Xingu, Tapajós, Madeira, Purús e Juruá). As maiores áreas desflorestadas estão nas bacias dos rios Madeira, Tapajós e Xingu, destacando-se os mais de 120 mil km<sup>2</sup> já devastados na primeira delas. Como isso afeta o ciclo hidrológico da maior bacia fluvial do mundo? Experimentos realizados em pequena escala (em microbacias), na região, demonstram que a conversão da floresta em pastagem duplica a vazão dos pequenos cursos d'água locais e altera a forma de distribuição dessa vazão. Entretanto, os experimentos também revelam que a floresta exerce um efeito regulador sobre o ciclo hidrológico, já que mesmo com chuvas muito irregulares as vazões em áreas florestadas permanecem altamente uniformes. Assim, os resultados dos estudos em pequena escala indicam que a remoção da floresta tende a aumentar a vazão dos rios, mas isso pode não ocorrer em bacias de grande escala, devido à influência de uma série de fatores que diferenciam os dois tipos.

**Ralph Trancoso**

Laboratório de Geoprocessamento e Análise Espacial (Siglab), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), e Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia

**Arnaldo Carneiro Filho**

Coordenação de Pesquisas em Ecologia (Inpa)

**Javier Tomasella**

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (Cptec), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)

# estamento e água

## A interação entre a floresta tropical e a maior bacia hidrográfica do planeta

**A bacia amazônica, que drena oito países** latino-americanos, estendendo-se por cerca de 6,7 milhões de km<sup>2</sup>, é o maior compartimento de água doce do planeta, com cerca de 15% do total disponível desse recurso (figura 1). As nascentes dos rios que formam essa imensa rede fluvial estão situadas na cordilheira dos Andes, no planalto Central brasileiro e no planalto das Guianas, ao norte do país, o que proporciona águas com qualidade e propriedades distintas. Essas diferenças estão estreitamente relacionadas à formação, nessa bacia, ao longo de milhares de anos de evolução, de ecossistemas diversificados, que abrigam milhares de espécies de animais e plantas. Já o clima amazônico apresenta, graças ao posicionamento da bacia sobre a linha do Equador, um equilíbrio dinâmico, decorrente da variabilidade natural do clima nos

dois hemisférios – quando o clima é mais seco no hemisfério Norte (na parte norte da Amazônia), chove mais no hemisfério Sul (parte sul), e vice-versa.

Entretanto, embora a Amazônia ainda tenha a maior floresta tropical do mundo, as taxas anuais de desflorestamento são extremamente altas, fazendo do Brasil o país que, nos dias atuais, perde mais rapidamente sua cobertura florestal. Esse processo ocorre no ‘arco de desflorestamento’, uma extensa faixa situada predominantemente ao longo do limite sul da área de transição entre o cerrado e a floresta, impulsionado pela expansão da fronteira agrícola, a partir da região Centro-oeste, nessa parte da bacia amazônica. A chamada ‘calha sul’ da bacia se estende por seis dos nove estados da Amazônia legal e é drenada por sete grandes rios: Tocantins, ▶

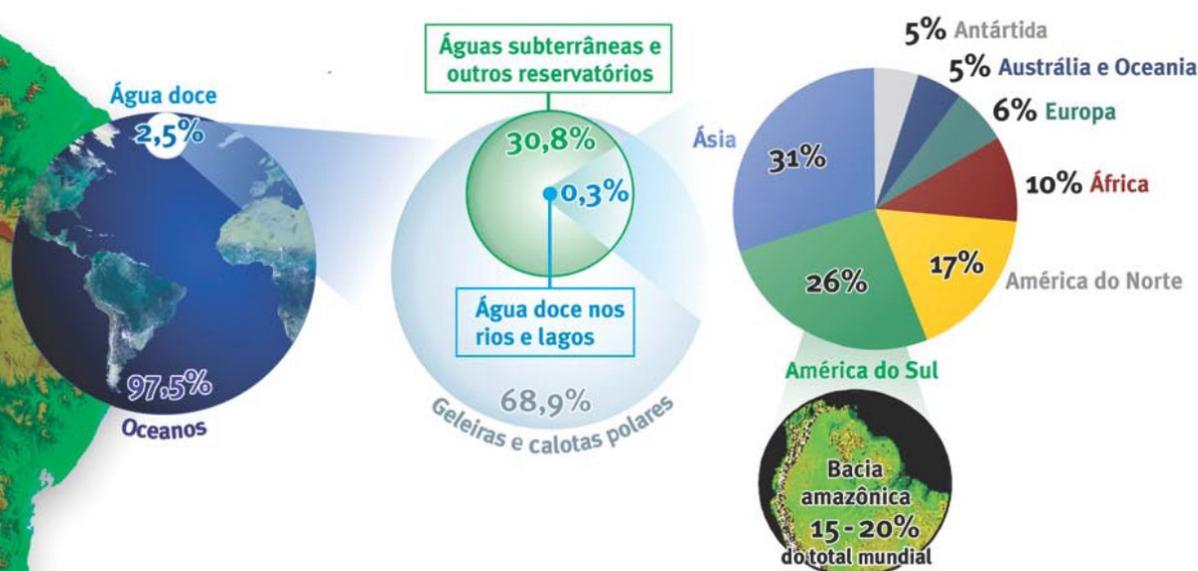


Figura 1. A distribuição da água na Terra mostra que a água doce de rios e lagos representa apenas 0,3% do total desse recurso e que a bacia amazônica concentra uma parcela significativa desse percentual

Araguaia, Xingu, Tapajós, Madeira, Purus e Juruá. Na região de contato entre a floresta e o cerrado, as cabeceiras de drenagem desses grandes rios correm perigo com a derrubada da vegetação natural.

## A ÁGUA E AS FLORESTAS

Embora as árvores e as outras plantas da floresta retenham a metade da água que chega com as chuvas para a manutenção de seus processos fisiológicos, a cobertura florestal é responsável pela indução do equilíbrio no ciclo hidrológico e regulação do clima. Participam desse processo a evapotranspiração (a perda de água, na forma de vapor, pela superfície das folhas, após sua utilização nos processos fisiológicos) e a interceptação de água no dossel (parte mais alta das copas das árvores).

O sistema de raízes das árvores bombeia a água do solo para as copas, para ser evapotranspirada na superfície das folhas. Esse fenômeno é responsável por todo o processo nutricional das árvores (já que a água carrega nutrientes do solo para todas as partes do vegetal) e ainda garante a produção de substâncias secundárias – compostos orgânicos voláteis, como extrativos e odores. Tais substâncias são lançadas na atmosfera, onde darão origem a núcleos de condensação, elementos que formam as gotas de chuva, indispensáveis no processo de constituição de nuvens. Portanto, além de umedecer o ar, a floresta lança na atmosfera partículas que garantem que a água evapotranspirada retorne até ela pela precipitação. Dessa forma, a floresta consome e recicla a água.

Já a retenção de água da chuva no dossel (interceptação da copa) quebra a energia da gota de chuva e faz com que a água chegue ao solo de forma ‘disciplinada’, escorrendo por galhos e troncos ou caindo em pingos mais lentos. Isso reduz a possibilidade de enxurradas, de erosão (do solo e das margens de

cursos d’água) e de assoreamento (dos cursos d’água). A camada de detritos existente no chão da floresta tem também um papel importante no disciplinamento do excedente da água das chuvas, permitindo maior absorção de água pelo solo.

## DESMATAMENTO NAS BACIAS

O processo de desflorestamento vem ocorrendo de forma mais intensificada na Amazônia desde os anos 70, e seu impacto já é pronunciado nas bacias hidrográficas da calha sul. Nas bacias de drenagem dos rios Madeira, Tapajós e Xingu encontram-se as maiores áreas desflorestadas, destacando os mais de 120 mil km<sup>2</sup> na bacia do Madeira (figura 2) (ver ‘Campeão do desmatamento’). Embora a área desmatada seja diferente nas três bacias, as taxas anuais de desflorestamento são semelhantes nessas áreas, evidenciando um mesmo ritmo de perdas de florestas, como revela a inclinação das curvas de desflorestamento acumulado (figura 4). Uma das regiões mais críticas em termos de perda de florestas nos últimos anos é a das cabeceiras dos rios Tapajós e Xingu, ao norte de Mato Grosso.

Já as bacias dos rios Purus e Juruá, situadas mais a oeste, em região mais interiorana do Acre e do Amazonas, por enquanto estão mais protegidas da ameaça do avanço da fronteira agrícola e apresentam baixas taxas de desflorestamento, em comparação com as três primeiras. Entretanto, a agricultura avança no sentido sul-norte e, com a abertura de novas vias de acesso, a pressão vem sendo intensificada no Acre e no sul do Amazonas.

Nas bacias dos rios Tocantins e Araguaia ocorre o inverso: localizadas a leste, em região mais acessível, elas convivem desde antes dos anos 70 com estradas e empreendimentos agropecuários, principalmente na parte alta do planalto Central, que abriga as cidades de Brasília e Goiânia. Além disso,

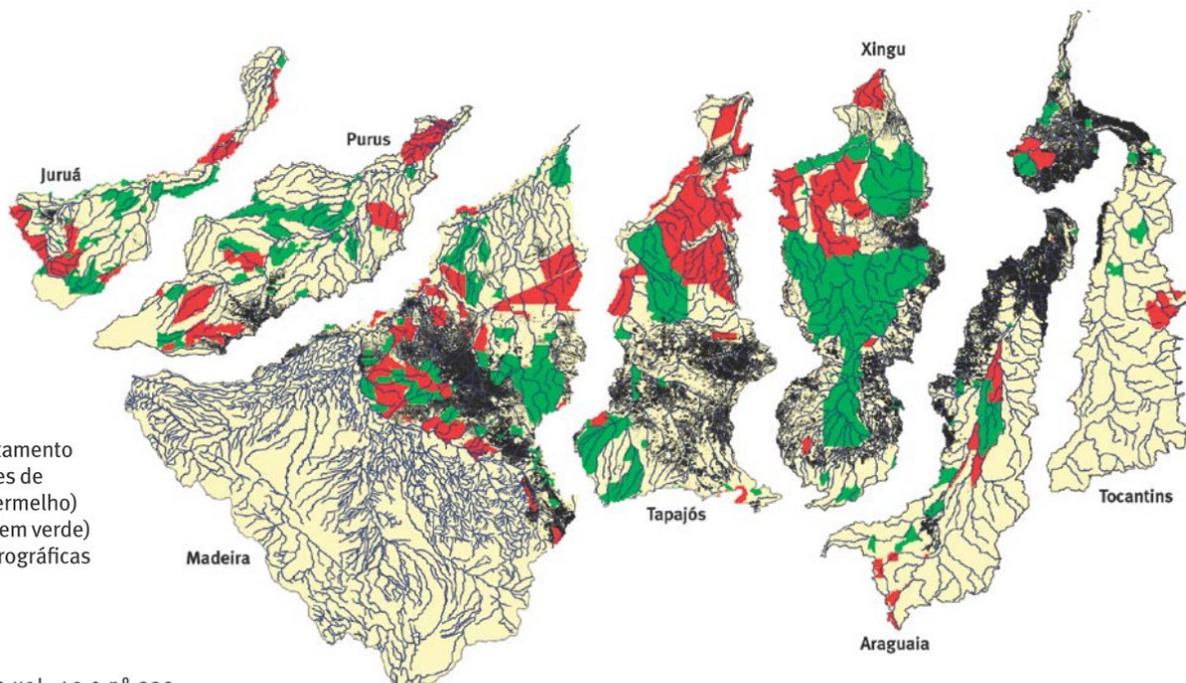


Figura 2. Desflorestamento (em preto), unidades de conservação (em vermelho) e terras indígenas (em verde) nas sete bacias hidrográficas que drenam o sul da Amazônia Legal

## CAMPEÃO DO DESMATAMENTO

Resgatando os limites políticos e observando os estados drenados pela calha sul da bacia amazônica, não é difícil detectar que Mato Grosso, em função de seu posicionamento geográfico, tem extrema importância hidrológica. Esse estado abriga parte do principal divisor de águas nacional, o planalto Central. Em seu território existem muitas regiões de cabeceiras de drenagem, com águas que se dirigem tanto para o norte quanto para o sul. Todo o norte e parte do sul do estado são drenados pelas bacias dos rios Araguaia, Xingu, Tapajós e Madeira, sendo o restante drenado pela bacia do rio Paraguai (figura 3). Assim, a 'saúde' desses rios – e a manutenção dos ecossistemas amazônicos alimentados por eles – depende da boa gestão de suas cabeceiras no Mato Grosso, mas não é isso que

vem acontecendo. Os dados de desmatamento divulgados pelo Inpe demonstram que, em geral, Mato Grosso é responsável por metade do desflorestamento total na Amazônia. É, portanto, o estado campeão desse processo. Além disso, as maiores ocorrências de queimadas e incêndios florestais são registradas no território mato-grossense. Em contraste com as maiores incidências de desflorestamento e focos de calor, observa-se o aumento na produção de soja, a ampliação da pecuária e o crescimento econômico do estado. As áreas cultivadas se expandem rapidamente e já tocam os limites de unidades de conservação e terras indígenas, como o Parque Indígena do Xingu, que hoje tem como vizinhos, nas cabeceiras de seus mananciais, grandes empreendimentos

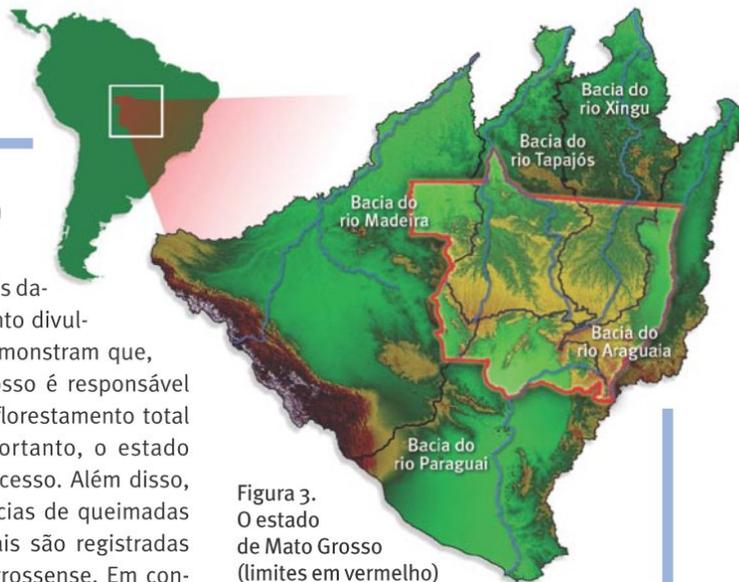


Figura 3. O estado de Mato Grosso (limites em vermelho) abriga áreas das cabeceiras dos rios Madeira, Tapajós, Xingu e Araguaia

agropecuários. A geografia do desmatamento, atrelada à vasta hidrografia do estado, espalha para regiões vizinhas os impactos ambientais da substituição da floresta por agricultura e pecuária. Além de exportar sua produção, Mato Grosso exporta seu passivo ambiental para os estados vizinhos.

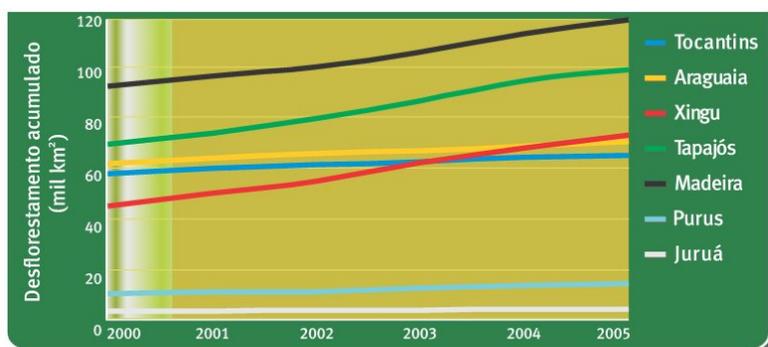


Figura 4. Desflorestamento acumulado nas sete grandes bacias hidrográficas que formam a 'calha sul' da bacia do rio Amazonas (a inclinação da curva indica a evolução das taxas de desmatamento)

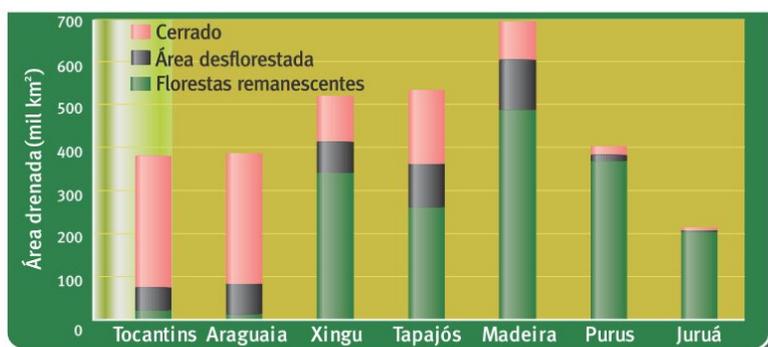


Figura 5. Cobertura vegetal – florestas ou cerrados – e áreas desflorestadas nas sete bacias hidrográficas do sul da Amazônia Legal

a cobertura florestal original era menor, nessas bacias (figura 5), e restrita às suas áreas mais baixas. Em ambas, grande parte da cobertura florestal nativa já foi removida, o que justifica as baixas taxas anuais de desflorestamento. O Programa Brasileiro de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (Prodes), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), só avalia as regiões onde existe cobertura florestal na Amazônia Legal.

## TERRAS PROTEGIDAS

Embora a Amazônia perca, todo ano, cerca de 20 mil km<sup>2</sup> de suas florestas, grandes áreas vêm se tornando relativamente protegidas, com a criação de unidades de conservação (UCs) e terras indígenas (TIs). A soma de todas as áreas florestais destinadas a UCs e TIs nas diferentes bacias revela que o balanço entre conservação e desflorestamento é ainda favorável do ponto de vista de manutenção da cobertura florestal nativa (figura 6).

A análise desse balanço mostra que quatro das cinco bacias que drenam para o médio e alto rio Amazonas (Xingu, Tapajós, Purus e Juruá) têm atualmente mais de um quarto de sua área prote-

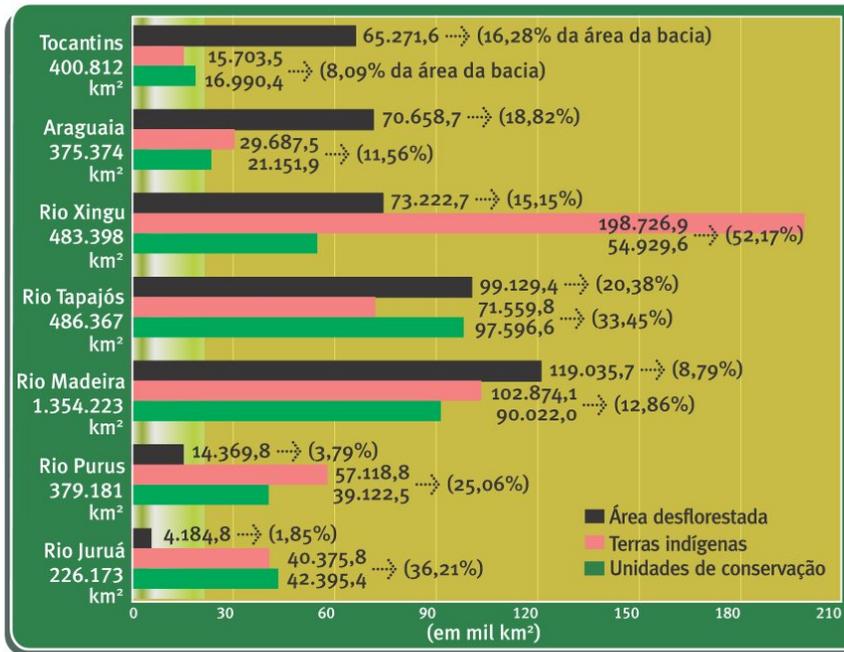


Figura 6. Áreas relativamente protegidas, por unidades de conservação ou terras indígenas, nas sete bacias hidrográficas do sul da Amazônia (as superposições existentes entre unidades de conservação e terras indígenas foram descontadas dos percentuais respectivos)

Araguaia e Tocantins, as áreas conservadas por UCs e TIs são ainda incipientes.

Embora a criação de UCs e TIs tenha outros objetivos, tais áreas vêm exercendo um benefício indireto ao formar verdadeiras barreiras contra o avanço do arco do desflorestamento. A experiência mostra que, se a localização geográfica dessas áreas é definida de maneira adequada, elas formam grandes mosaicos que podem ajudar na contenção ou no ordenamento do desmatamento. Essa vem sendo uma das estratégias empregadas pelo governo atual contra o desflorestamento. Um exemplo bem claro foi a criação do mosaico de unidades de

conservação na chamada ‘terra do meio’ (área de quase 80 mil km² entre o rio Xingu e seu afluente Iriri) no ano passado, as quais, somadas às terras indígenas já existentes, ocupam praticamente toda a região. Entretanto, como a criação de uma unidade de conservação é algo sério e muitas vezes irrever-

gida – na do rio Madeira, a maior de todas em área drenada (1,35 milhão de km²), a soma de UCs e TIs representa 14,24% do total da bacia. Em valores absolutos, as maiores áreas protegidas por UCs e TIs estão nas bacias do Xingu (253,6 mil km²) e do Madeira (192,9 mil km²). Nas bacias dos rios

## TRAÇADO INADEQUADO

É comum, principalmente na região do arco do desflorestamento, UCs e TIs com as cabeceiras de drenagem fora da área demarcada da reserva (figura 7). Na porção leste do arco, o Parque Indígena do Xingu, no nordeste do Mato Grosso, é um dos exemplos mais marcantes. As cabeceiras de drenagem da rede hidrográfica que atravessa a reserva nasce em fazendas de soja e gado. A Terra Indígena Sete de Setembro, em Rondônia, faz fronteira com uma das regiões mais desmatadas do sudoeste da Amazônia. A região sofreu profundas modificações na cobertura da terra nas últimas décadas, restando apenas alguns fragmentos de floresta. Outro exemplo fora do arco do desflorestamento é o Parque Nacional do Viruá, em Roraima. Situado às margens do rio Branco, o parque detém diferentes áreas de campos abertos (lavrados, campinas, campi-

nanaras) e tipos florestais. O rio Uruá drena praticamente todo o território do parque, mas suas cabeceiras estão fora de seus limites. A área da bacia desse rio fora dos limites é relativamente pequena, mas é cruzada pela BR-174 (Manaus-Boa Vista, naquele trecho), onde já existem projetos de assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra). Em todos os casos, a mudança dos limites das reservas para incluir as cabeceiras de drenagem seria bastante complicada, pois já existem outras atividades nos locais (rodovias, fazendas, assentamentos, cidades etc.). Portanto, o planejamento no momento da demarcação da reserva é muito importante. Sob o ponto de vista dos processos hidrológicos, as reservas nas quais não são incluídas as regiões a montante da bacia hidrográfica têm sua gestão muitas

vezes comprometida, pois ficam dependentes das atividades realizadas nas áreas fora de seus limites.

**COMO RESOLVER O PROBLEMA?** A Terra Indígena Rio Gregório, no Acre, não incluía as cabeceiras de drenagem do rio Gregório, em sua primeira demarcação, ficando assim sujeita aos impactos hidrológicos das mudanças na cobertura da terra nas áreas a montante. Vinte anos após sua demarcação, porém, seus limites foram alterados para enquadrar as cabeceiras do rio Gregório, o que possibilitou a proteção dessa área, impedindo que fosse ocupada por outras atividades e garantindo o fornecimento da água com qualidade adequada para o consumo dos povos Yawanawá e Katukina, indígenas que habitam essa área (figura 8).

sível, a tomada de decisão para definição dos limites deve ser feita com cautela, mediante estudos prévios, sempre procurando respeitar os limites dos ecossistemas e não os limites políticos (ver 'Traçado inadequado').

O momento é favorável às iniciativas de conservação, e a demanda pela criação de novas áreas é grande, por iniciativa do governo ou por pressão das organizações não governamentais (ONGs). Um exemplo de iniciativa conjunta foi a criação do Programa de Áreas Protegidas da Amazônia (Arpa), criado pelo governo em parceria com bancos de financiamento internacionais e organizações sociais, que tem como principal objetivo a proteção de 12% da floresta amazônica, ou 3,6% do total de florestas remanescentes no mundo. Para garantir essa proteção, é essencial que, na criação de novas áreas, o limite das bacias hidrográficas seja considerado um dos principais critérios para a definição da área a ser prote-

gida. Isso porque conservar as cabeceiras de uma bacia hidrográfica é proteger os processos ecológicos – nesse caso, os ecossistemas, populações ou espécies existentes na unidade criada ficarão mais bem protegidos.

## EFEITOS HIDROLÓGICOS

Microbacias experimentais são sistemas de drenagem com área reduzida e poucos cursos d'água que permitem monitorar continuamente variáveis hidrológicas (como a vazão) e meteorológicas (como a chuva) com alto grau de detalhamento, seja em ambiente de floresta ou em ambiente com alteração na cobertura da terra (área desmatada para pastagem, por exemplo). O monitoramento simultâneo de ambientes com



Figura 7. As cabeceiras dos rios que atravessam o Parque Indígena do Xingu (A), o Parque Nacional do Viruá (B) e a Terra Indígena Sete de Setembro (C) estão situadas fora dos limites dessas reservas

Figura 8. Limites da Terra Indígena Rio Gregório, após a demarcação (A) e após a redefinição dos limites para incluir a bacia hidrográfica na íntegra (B)

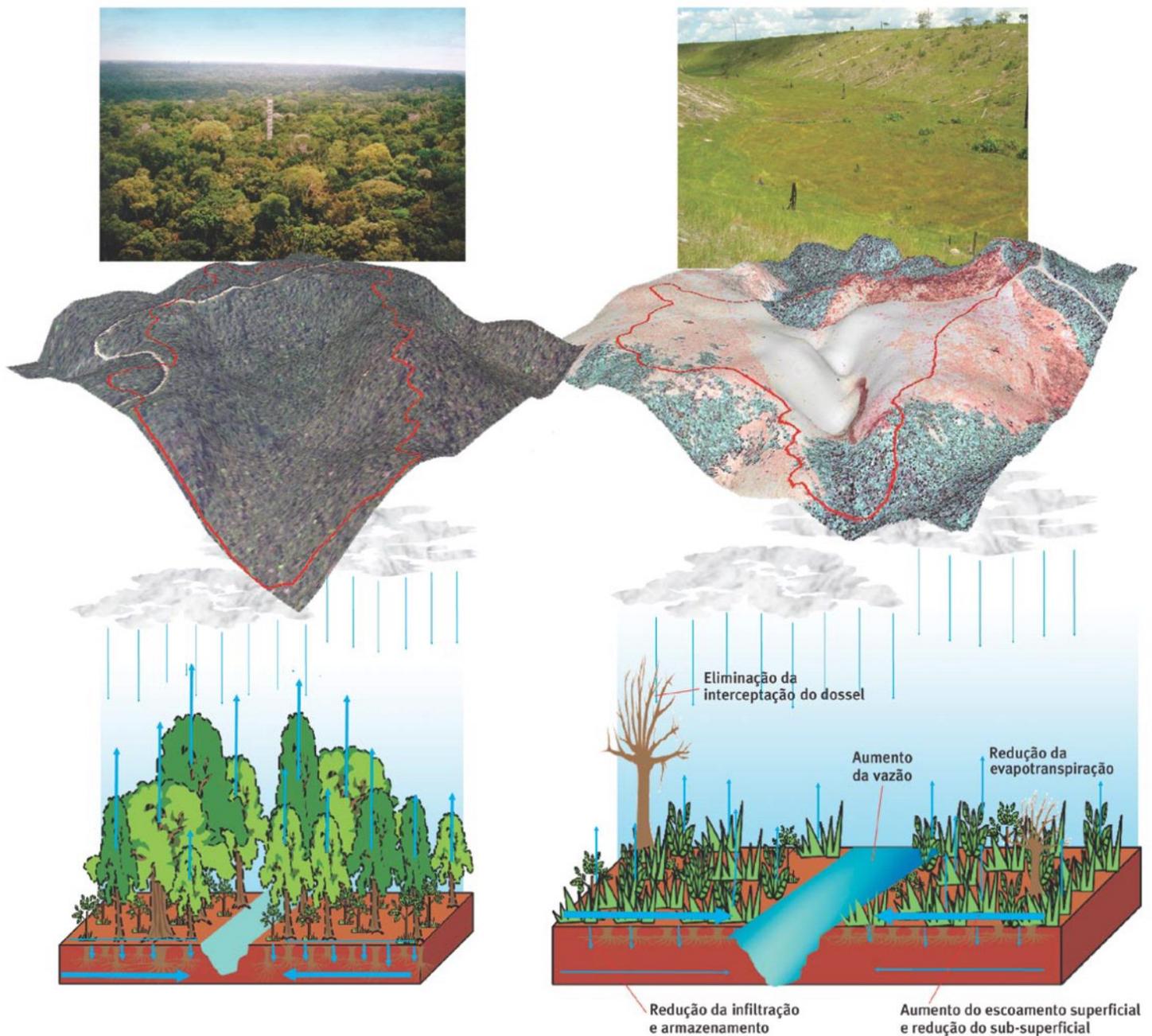


Figura 9. Microbacias experimentais com cobertura florestal e pastagem: a remoção da floresta altera os componentes do balanço hídrico, causando desequilíbrios que resultam no aumento da vazão

coberturas diferentes facilita o isolamento dos efeitos do clima, favorecendo a compreensão das mudanças nos processos hidrológicos. Resultados de pesquisas feitas em microbacias experimentais em diversas regiões do mundo vêm demonstrando que a remoção da floresta causa profundas alterações no ciclo hidrológico. A principal delas, resultante de todas as outras (entre elas a redução da evapotranspiração e o aumento do escoamento superficial), é a ampliação da vazão dos cursos d'água locais (figura 9).

A ampla distribuição geográfica desses experimentos, abrangendo diversas categorias de vegetação e tipos de clima, elucidou importantes questões. Após um determinado desmatamento, o aumento no volume de água que deixa a área será proporcional à intensidade e à frequência da precipitação e também à quantidade de biomassa removida da floresta. A floresta amazônica, constantemente substituída por empreendimentos agropecuários (principalmente cultivo de soja e formação de pastagens), é extremamente chuvosa e

suas florestas armazenam enorme quantidade de biomassa. Por essa razão, o primeiro impacto observado é a redução da evapotranspiração e da interceptação no dossel, o que faz com que a bacia passe a conduzir um volume de água muito maior do que nas condições originais.

Sem a floresta, as gotas de chuva não são mais amortecidas pelo dossel, e chegam ao solo com grande energia, o que facilita os processos erosivos. Além disso, ao chegar ao solo, a água que antes se infiltrava e era armazenada em regiões próximas às raízes, em dutos deixados por raízes mortas e galerias escavadas por animais, agora não tem para onde ir. Assim, é convertida em escoamento superficial, reforçando a erosão. A serrapilheira – camada de detritos encontrada sobre os solos florestais – também contribui de modo significativo para o armazenamento da água e a proteção contra o impacto das gotas de chuva. Com a remoção da floresta, a serrapilheira pára de se formar, e em pouco tempo as gotas de chuva começam a incidir diretamente no solo, causando desagregação das partículas. Essa destruição da camada superficial do solo cria aos poucos uma superfície impermeável, que também contribui para o aumento do escoamento superficial e, portanto, da erosão.

Experimentos em microbacias com cobertura florestal e pastagem na Amazônia central, em área próxima a Manaus, demonstraram que a conversão da floresta em pastagem duplica a vazão dos igarapés (como são chamados, na região, os riachos que cortam o ambiente florestal). Além disso, alterações significativas ocorrem na forma de distribuição da vazão, sendo que no pico da estação seca a vazão é inferior. A velocidade e a forma da resposta à precipitação são bastante diferentes na floresta e na pastagem. Os picos de vazão são mais acentuados na pastagem, enquanto na floresta a velocidade com que a água sai do sistema (recessão) é mais lenta. A floresta, definitivamente, exerce um efeito regulador sobre o ciclo hidrológico, apresentando vazões de saída de água (deflúvios) altamente uniformes mesmo com precipitações muito irregulares. Esse efeito é popularmente conhecido como ‘esponja’, já que a água se infiltra no solo durante os períodos chuvosos e é liberada gradualmente na estação seca.

## A INFLUÊNCIA DA ESCALA

A escala em que um processo ocorre tem efeito bastante complexo em estudos ambientais, trazendo incertezas em diversas áreas do conhecimento. Na hidrologia não é diferente, e embora se fale na influência da escala há muito tempo, esta é ainda uma questão não resolvida. Poucos estudos avaliaram como as mudanças no uso da terra afetam a resposta hidrológica das bacias em grande escala.

Embora os experimentos de pequena escala tenham mostrado que a remoção da floresta tende a aumentar a vazão, esses resultados não são esclarecedores para bacias de grande escala. Grandes bacias tendem a formar mosaicos com diferentes usos da terra e práticas, além de apresentar hete-

rogeneidade na geologia, topografia e classes de solos. Essa variabilidade espacial da bacia, aliada às diferenças temporais e espaciais do regime de precipitação, torna difícil a integração dos fatores para a compreensão dos processos. Embora o sinal seja claramente detectado em pequena escala, ele se dilui em escalas maiores em parte pela variabilidade da precipitação e em parte pelo aumento de biomassa decorrente da regeneração da vegetação. Complicando ainda mais, à medida que a escala aumenta a seção do rio fica maior, ampliando também sua capacidade de armazenamento, o que dificulta a percepção de sinais de alteração. Esses fatores em conjunto contribuem para a menor capacidade de resposta das grandes bacias. Por isso não é possível extrapolar os resultados obtidos em microbacias experimentais para a macroescala.

Existem ainda fatores relacionados aos processos de circulação atmosférica em escala regional. A fragmentação florestal, por exemplo, tende a aumentar a evaporação das florestas por processos de circulação local, ou a aumentar as chuvas sobre áreas de pastagem circundadas por florestas. Isso pode compensar a redução de evaporação em escalas maiores e contribuir para a ausência de sinais de alteração na vazão. Entretanto, experimentos com modelos matemáticos indicam que, a partir de um determinado tamanho de área desflorestada (grandes áreas contínuas), ocorrem profundas mudanças no processo de circulação atmosférica, e estas tendem a reduzir a precipitação. Dessa forma, embora alterações no ciclo hidrológico em escala local provoquem um aumento na vazão, em escala regional acontece uma realimentação atmosférica que termina por reduzir o volume de água em escala local.

Resultados de modelos climáticos do Centro de Previsão e Estudos Climáticos, do Inpe, indicam que 25% de desmatamento em uma dada área poderiam provocar uma redução de mais ou menos 2% na precipitação. Levando em conta a enorme variabilidade natural (entre os anos e entre as décadas) da precipitação na Amazônia, um percentual tão baixo não poderia ser detectado nas séries históricas de vazão, pois acaba se confundindo com a variação natural do clima. Embora o efeito do desmatamento esteja presente nas séries de vazão, é difícil isolá-lo, separando-o das oscilações naturais do clima. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- RÉASSIAN, V. 'Waters and forests: from historical controversy to scientific debate', in *Journal of Hydrology*, v. 291 (1-2), p. 1, 2004.
- BROWN, A. E.; ZHANG, L.; MCMAHON, T. A.; WESTERN, A. W. & VERTESSY, R. A. 'A review of paired catchments studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation', in *Journal of Hydrology*, v. 310, p. 28, 2005.
- DIAMOND, J. Colapso. Rio de Janeiro, Record, 2005.
- SAMPAIO, G.; NOBRE, C.; COSTA, M. H.; SATYAMURTY, P.; SOARES-FILHO, B. S. & CARDOSO, M. 'Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion' (submetido à *Geophysical Research Letters*), 2007.
- TRANCOSO, R. 'Mudanças na cobertura da terra e alterações na resposta hidrológica de bacias hidrográficas na Amazônia' (dissertação de mestrado). Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2006.

# A Amazônia está

*As alterações na biodiversidade da Amazônia provocadas pelos desmatamentos vêm sendo estudadas de muitas formas. Um grande projeto de pesquisa investiga o que acontece em fragmentos florestais, de diferentes tamanhos, remanescentes da derrubada da mata ao seu redor. Estudos sobre as respostas de espécies de moscas e de outros animais revelam que a fragmentação da floresta leva à perda de espécies locais e a alterações na abundância de outras, além de facilitar a entrada de espécies exóticas. Também foi constatado que as pastagens são mais danosas à diversidade de espécies das áreas florestadas restantes nas proximidades do que as atividades agrícolas ou silviculturais.*

**Marlúcia Bonifácio Martins e Catarina de Lurdes Praxedes**

Coordenação de Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi

**Ronildon Miranda-Santos**

Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia, Museu Paraense Emílio Goeldi

**Alessandra Azevedo Rodrigues da Silva**

Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (PA)

**Joana Evangelista Costa**

Museu Paraense Emílio Goeldi

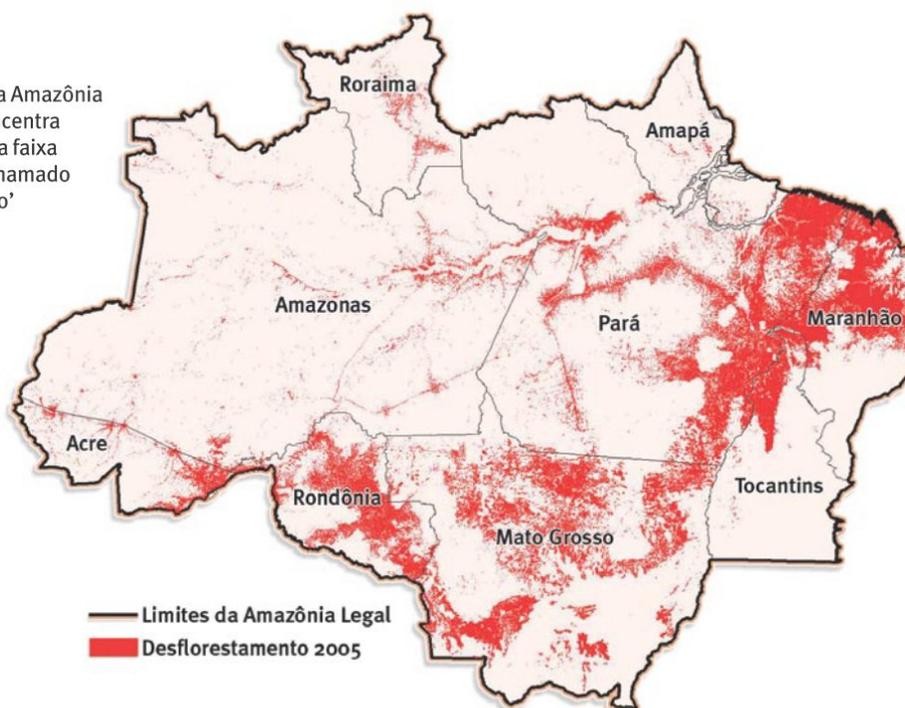
# mudando

**Considerada o maior reduto de vida no planeta**, a Amazônia está mudando. Essa mudança na paisagem amazônica vem ocorrendo, em ritmo crescente, nos últimos 50 anos. Qualquer pessoa que sobrevoasse a Amazônia nos anos 50 veria a paisagem como uma floresta contínua, com algumas clareiras nas margens dos rios e nas vizinhanças das principais cidades. Hoje, um vôo por certas áreas da Amazônia brasileira, principalmente em suas partes nordeste e sul, mostrará imensas manchas provocadas pelo desmatamento (figura 1), com terra desnuda ou recoberta com pastagens e cultivos agrícolas. Enquanto o Amapá tem 95% de sua floresta preservada, o nordeste do Pará e o oeste do Maranhão, segundo o Projeto Biota do Pará, conservam apenas 23% da vegetação amazônica, divididos em fragmentos, revelando índices de desmatamentos semelhantes aos registrados na mata atlântica, na região Sudeste.

Tal imagem causa desolação a muitos, mas é motivo de orgulho para outros. Os desolados pensam na floresta perdida, nas milhares de espécies extintas (muitas antes de serem conhecidas), no imenso patrimônio biológico e evolutivo desperdiçado (e, com ele, as oportunidades perdidas de novos conhecimentos, produtos e negócios). Pensam ainda no povo da floresta desprovido do seu modo de vida, sem oportunidade de materializar sua cultura, suas crenças e sua arte. Já os orgulhosos argumentam que isso significa progresso e vislumbram a Amazônia finalmente inserida no processo nacional de desenvolvimento, produzindo grãos, exportando minérios para o mundo e energia para o país.

Mas afinal o que essa mudança no uso da terra significa para a biodiversidade? Como a biodiversidade responde a essa nova Amazônia?

Figura 1. A distribuição do desmatamento (áreas em vermelho) na Amazônia mostra que este se concentra principalmente em uma faixa ao sul da região – é o chamado ‘arco do desmatamento’



FOTOS FERNANDO DOMASCI/FOLHA IMAGEM

MUSEU GOELDI/MCT, COM BASE EM DADOS DE 2003 DO INPE/MCT

A biodiversidade amazônica é ainda muito mal mensurada. Não sabemos quantas espécies existem, conhecemos muito pouco sobre o papel de algumas espécies na sustentação da floresta e conhecemos menos ainda sobre as interações entre espécies e como elas respondem às variações do meio ambiente. Esse quadro de desconhecimento torna necessários estudos urgentes sobre as mudanças no uso da terra e suas conseqüências sobre a biodiversidade.

Antes dos anos 80 o termo biodiversidade não era conhecido. Esse termo, que une as palavras 'diversidade' e 'biológica', foi popularizado pelo livro *Biodiversidade*, de 1988, organizado pelo biólogo norte-americano Edward O. Wilson, um dos pioneiros da ecologia, a partir dos debates do Fórum Nacional de Biodiversidade, realizado dois anos antes em Washington (Estados Unidos) – o livro foi publicado no Brasil em 1997. No conceito de biodiversidade estão incluídos todos os seres vivos e as relações que esses organismos têm entre si e com o meio físico, transformando e construindo florestas, lagos e todos os elementos da paisagem que normalmente chamamos de natureza. Assim, plantas, animais e ecossistemas passaram a ser entendidos como um complexo integrado, que dá forma e funcionamento à vida no planeta.

A biodiversidade, portanto, não se refere exclusivamente aos organismos em si, mas também ao ambiente criado a partir da presença deles. É como um jogo de xadrez. De que valem as peças se não forem realizadas boas jogadas? Precisamos compreender as complexas regras desse jogo, para evitar ou minimizar nossas interferências nefastas. No caso da Amazônia, precisamos apreender a biodiversidade da região em toda a sua complexidade e dinâmica, entender os efeitos dos processos de mudança e buscar as melhores soluções para a manutenção dessa diversidade. Como responder a tal desafio?

## AS MOSCAS NA FLORESTA

O caminho normalmente tomado para estudar questões complexas é a busca de algum tipo de simplificação, que mantenha a representatividade do sistema complexo a ser desvendado. No experimento aqui relatado escolheu-se estudar um grupo de insetos que vive na floresta e verificar, a partir das respostas desses insetos às mudanças no uso da terra, o que poderia estar acontecendo aos demais organismos e à biodiversidade como um todo.

Os insetos escolhidos foram os drosofilídeos, que têm apenas um par de asas (dípteros) e são popularmente chamados de moscas-da-banana. Diferentemente das moscas-das-frutas (tefitídeos), que constituem pragas agrícolas, pois atacam frutas ainda em desenvolvimento, as moscas *Drosophila* normalmente são atraídas para bananas (e outros frutos) já em estágio inicial de decomposição, mas podem também viver em fungos macroscópicos (visíveis a olho nu) ou em flores (tanto vivas quanto em decomposição). Algumas dessas moscas (figura 2) são polinizadoras de espécies de árvores amazônicas, como o cacauí (*Theobroma speciosum*), espécie aparentada do cacau (*Theobroma cacao*).

A escolha desses organismos deveu-se a vários fatores. O primeiro é que os drosofilídeos são um dos grupos de insetos mais bem estudados em todo o mundo, em termos de biologia e evolução, só perdendo para as borboletas em número de trabalhos publicados. A compreensão sobre a biologia do organismo é um fator crucial para a interpretação dos padrões ecológicos encontrados e, de certa maneira, ajuda a suprir a deficiência generalizada de dados taxonômicos (referentes à descrição, classificação e distribuição das espécies). O segundo e não menos importante é o fato de os drosofilídeos, em estudos de laboratório, demonstrarem alta sensibilidade às mudanças físicas do ambiente, como umidade e temperatura, apresentando respostas rápidas que afetam tanto a abundância populacional quanto a própria performance das espécies, umas em relação às outras. Isso permite observar tais respostas no campo, tanto as de uma determinada espécie quanto as do conjunto de espécies presentes, ou seja, respostas em termos da comunidade, o que nos reporta diretamente à biodiversidade.

As pesquisas ecológicas com drosofilídeos na Amazônia foram iniciadas nos anos 80, por Marlúcia Martins, dentro do projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais. O projeto, desenvolvido em parceria pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e pelo Instituto Smithsonian, dos Estados Unidos, foi a primeira tentativa de testar, em um experimento de grande escala, os efeitos da redução da floresta sobre os organismos. Aproveitando um empreendimento agropecuário estabelecido 80 km ao norte de Manaus, o

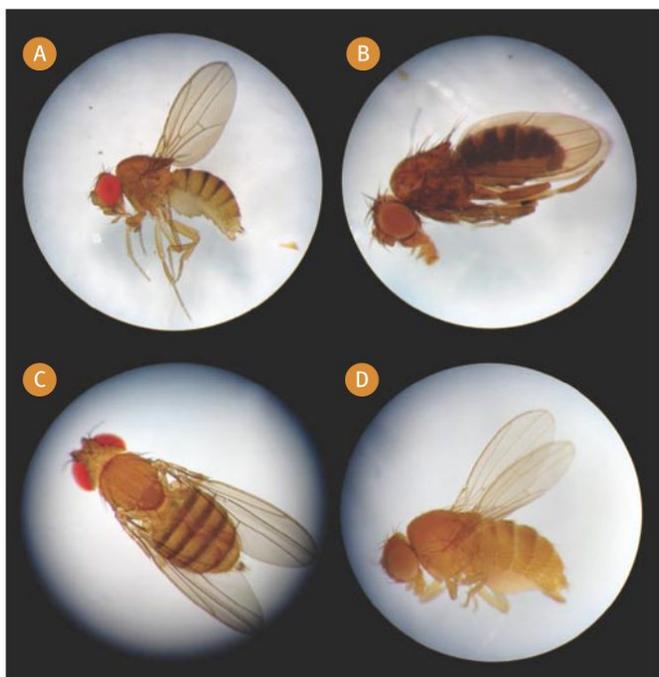


Figura 2. Foram estudadas a biologia e as respostas de várias espécies de moscas drosofilídeas – como *Drosophila malkotiana* (A), *D. sturtevantii* (B), *D. willistoni* (C), *D. speciosa* (D) e outras – à fragmentação da floresta



Figura 3. Frutos amazônicos utilizados por drosofilídeos para sua alimentação

projeto manteve intactos diversos fragmentos florestais, com tamanho variável (de um a mil hectares), isolados uns dos outros por áreas de pastagens pertencentes a fazendeiros da região. Esses fragmentos têm sido estudados há mais de 20 anos por centenas de pesquisadores e estudantes, que buscam entender os efeitos da fragmentação florestal sobre os organismos.

Nos estudos feitos com os drosofilídeos, dentro desse projeto, descobrimos que a primeira consequência da diminuição do tamanho da floresta é a perda de espécies. Pequenas mudanças nas condições de temperatura e umidade, que são totalmente diferentes em uma floresta contínua (com centenas ou milhares de hectares) e em um fragmento, são suficientes para afetar essas moscas. O simples aumento da temperatura média da floresta em cerca de 2° a 3°C, que ocorre normalmente após a fragmentação, assim como a perda da umidade relativa entre 10 e 20 pontos percentuais, causam uma redução de cerca de 20% das espécies residentes. Isso acontece porque parte das espécies é extremamente sensível a alterações nesses dois fatores. Essa baixa tolerância à variação, determinada geneticamente, é fruto de seleção natural durante um longo período evolutivo.

Além disso, outros fatores podem ser responsáveis pela perda local de espécies. Na Amazônia, as espécies de árvores estão em geral distribuídas esparsamente, ou seja, a distância entre indivíduos da mesma espécie é, às vezes, superior a vários quilômetros. Com isso, a fragmentação cria um sério problema.

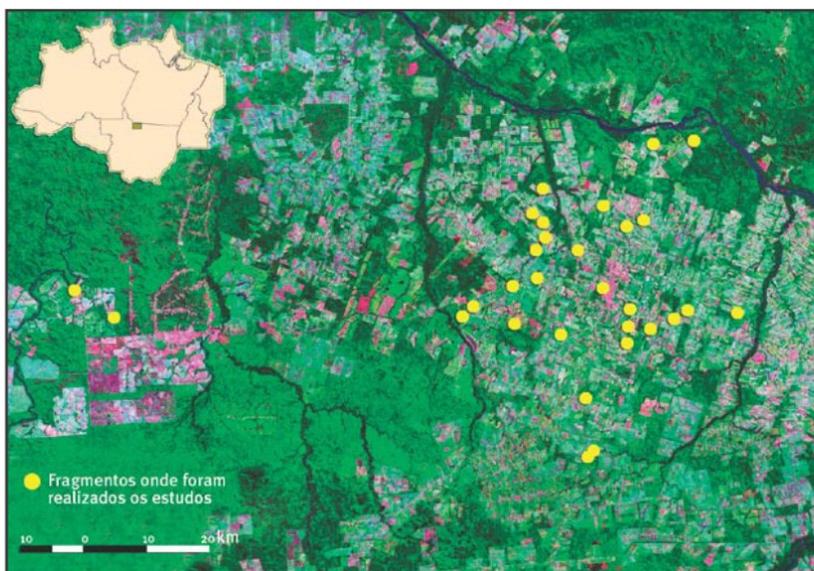
Figura 4. Imagem de satélite da região de Alta Floresta (MT), indicando a localização de parte dos 33 fragmentos florestais usados no estudo de efeito da fragmentação da floresta sobre os drosofilídeos

Muitas espécies de plantas, principalmente árvores, ficam sub-representadas em fragmentos florestais, às vezes com apenas um indivíduo, o que reduz muito a chance de polinização e, em consequência, de frutificação. Como as moscas *Drosophila* dependem de flores e frutos (figura 3), a disponibilidade de recursos diminui com a fragmentação da floresta, trazendo mudanças nas relações competitivas entre as espécies e podendo acarretar a redução na diversidade. Essa redução é normalmente mais drástica nos primeiros anos após a fragmentação e depois sofre variações, dependendo do tamanho do fragmento e do ambiente em seu entorno.

Além disso, a floresta fragmentada torna-se também um ambiente mais aberto a introduções de muitas espécies exóticas, em geral cosmopolitas, que invadem os fragmentos através dos habitats de culturas agrícolas e pastagens estabelecidos em seu entorno. Essas invasões serão favorecidas pelas alterações das condições microclimáticas dentro do fragmento e pelas mudanças na disponibilidade de recursos ocasionadas por variações na abundância de outros animais frugívoros. A ocorrência de invasões e alterações de dominância entre as espécies residentes terá como consequência a mudança no perfil da comunidade local.

Essa mudança de perfil pode ser traduzida qualitativamente pela composição de espécies e quantitativamente pelo padrão de distribuição da abundância das espécies dentro da comunidade. Em comparação com a floresta contínua, uma área fragmentada apresenta não só menos espécies, mas também uma lista de espécies diferente e uma relação hierárquica de espécies (relações de dominância) também distinta. Essas diferenças podem envolver cerca de 60% das espécies, em casos mais extremos.

Tais achados têm se confirmado em diversos outros estudos feitos na Amazônia ao longo desses anos. Em estudos realizados em 2002 no município de Alta Floresta, em Mato Grosso, no sul da Amazônia, comparando 33 fragmentos florestais de diferentes tamanhos em uma matriz de pastagem (figura 4), observamos que os pequenos fragmentos podem



abrigar grupos de espécies de moscas muito distintos entre si, demonstrando a desagregação das forças evolutivas que originalmente estruturaram a diversidade na floresta contínua original.

Também na região de Monte Alegre, no Pará, em estudos realizados em 2004, ficou evidente a diferença na composição da comunidade de moscas residente na floresta contínua quando comparada à floresta secundária e a plantios de eucaliptos em área adjacente (figura 5). Comparações feitas entre amostras em distintos pontos da Amazônia mostram que as listas das espécies são muito mais semelhantes entre si quando comparamos áreas de floresta contínua das porções oriental e ocidental da Amazônia, distantes uma da outra cerca de 2 mil km, do que quando comparamos as listas de espécies de florestas contínuas e áreas sob influência humana dentro de uma mesma localidade e distanciadas em menos de 1 km.

Um aspecto interessante tem chamado a atenção. As alterações na composição de espécies de drosofilídeos e a intensidade de invasões dessa comunidade por espécies exóticas dependem diretamente do tipo de paisagem em que o fragmento está inserido. Em outras palavras, o tipo de uso da terra no entorno do fragmento é determinante para o maior ou menor empobrecimento da fauna e para o nível de alteração na composição dessa fauna. Quando comparamos fragmentos presentes em áreas de pastagens com outros em áreas de agricultura, ou com vegetação secundária em seu entorno, os efeitos observados na biodiversidade das áreas

florestais são tanto mais drásticos quanto menor é a cobertura de vegetação na área do entorno.

Outro aspecto que vale a pena ressaltar é que dentro de um fragmento florestal pode existir uma grande diferença na comunidade dos drosofilídeos – o que depende da distância da comunidade em relação à borda do fragmento. Esse fenômeno é chamado de ‘efeito de borda’ e já foi demonstrado também para as plantas e alguns outros animais. Isso também aponta para a importância do tamanho do fragmento, já que um fragmento grande (com mais de 10 hectares, no caso dos drosofilídeos) seria ainda capaz de suportar em seu interior as espécies mais sensíveis às alterações microclimáticas, que não ocorrem perto da borda do fragmento.

## ALGUMAS LIÇÕES BÁSICAS

As respostas dos drosofilídeos aos efeitos de fragmentação são análogas às observadas em alguns outros grupos de animais e plantas (para mais detalhes, ver sugestões para leitura). Assim, algumas lições básicas já podem ser tiradas a respeito do efeito do desmatamento na Amazônia sobre a biodiversidade local. Tais lições são: (i) a simplificação da paisagem, com a redução da área florestada, leva à perda de espécies originalmente residentes na floresta; (ii) parte das espécies residentes, em geral as mais abundantes, se mantêm nos fragmentos florestais, mas pode sofrer alterações drásti-



Figura 5. Plantação de eucaliptos em Monte Alegre, no norte do Pará, onde os fragmentos florestais remanescentes têm sido estudados por cientistas

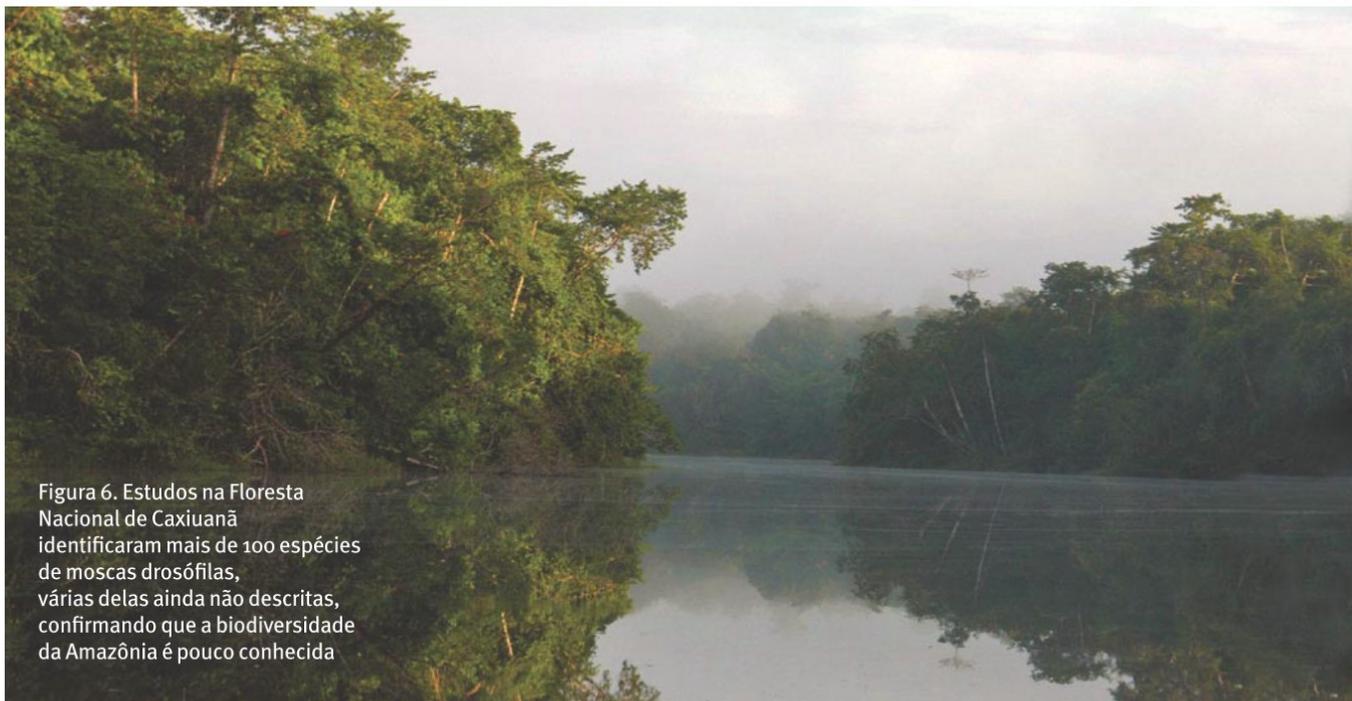


Figura 6. Estudos na Floresta Nacional de Caxiuanã identificaram mais de 100 espécies de moscas drosófilas, várias delas ainda não descritas, confirmando que a biodiversidade da Amazônia é pouco conhecida

cas nos tamanhos de suas populações; (iii) a fragmentação facilita a introdução de espécies exóticas, que contribuem para alterar a composição faunística do fragmento florestal; e (iv) o tipo de uso da terra é determinante no efeito que a fragmentação florestal terá sobre a biodiversidade local. Uma área de pastagem trará maiores prejuízos para a diversidade do que empreendimentos agrícolas ou silviculturais.

Apesar do nosso atual nível de compreensão sobre os efeitos do desmatamento, obtidos a partir de estudos com diversos organismos, muito ainda precisa ser feito. Até o momento todas as pesquisas realizadas abordam com mais intensidade as espécies mais abundantes, de coleta mais fácil e que em geral podem ser criadas em laboratório e, em consequência, ter sua biologia conhecida. Nada sabemos, porém, sobre as espécies mais sensíveis, geralmente mais raras e difíceis de criar. Sequer sabemos quantas e quais são, sem citar que a maioria é efetivamente desconhecida para a ciência.

Os estudos que realizamos registraram entre 20 e 60 espécies de drosofilídeos por localidade. Entretanto, estimativas da riqueza dessa família de moscas realizadas somente para uma área de floresta contínua na Floresta Nacional de Caxiuanã, no noroeste do Pará (figura 6), projetaram até o momento 165 espécies e morfoespécies (espécies já distinguidas, mas ainda não descritas). Isso significa que pelo menos duas vezes mais espécies de drosofilídeos podem existir em Caxiuanã, e que o mesmo pode acontecer em outras áreas da Amazônia.

O reconhecimento dos efeitos da fragmentação da floresta e das mudanças no uso da terra sobre a diversidade biológica pode auxiliar a sociedade a decidir o quanto deseja perder de patrimônio biológico e cultural em prol do desen-

volvimento. Tal compreensão também pode ajudar os tomadores de decisão na definição e implantação de políticas de ocupação mais compatíveis com os objetivos de um desenvolvimento sustentável. Mesmo incipiente, o conhecimento atual sobre a biodiversidade amazônica e a dinâmica de seus ecossistemas já tem estimulado várias iniciativas importantes, como a criação recente de grandes unidades de conservação, entre elas o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, no extremo norte do país.

O planejamento de corredores ecológicos, conectando unidades de conservação de diferentes categorias, tem sido uma prática já estabelecida nas estratégias de conservação na região. Um pouco mais recente e de mais difícil implementação é o planejamento no nível da paisagem, envolvendo áreas produtivas e de preservação em um mosaico e combinando uma proporcionalidade adequada para as diversas atividades, de modo a garantir maior sustentabilidade ecológica regional. Ações como essas devem estar apoiadas em um planejamento abrangente, orientado por zoneamentos ecológicos/econômicos e construído em bases modernas. Nesse planejamento, a manutenção da biodiversidade amazônica precisa ser reconhecida como um fator de importância econômica e social para o desenvolvimento da região. ■

#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- WILSON, O. *Biodiversidade*. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1997.
- LAURANCE, W. F. 'The hyper-diverse flora of the Central Amazon: an overview', in R. O. Bierregaard, C. Gascon, T. E. Lovejoy & R. Mesquita (org.), *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven e Londres, Yale University Press, p. 47, 2001.

# A produção meca

*Um fenômeno novo vem despertando, na Amazônia, a atenção de cientistas, autoridades e da sociedade civil. Trata-se da expansão, na região, da agricultura mecanizada, voltada principalmente para a exportação. Essa modalidade de produção agrícola, que recebe amplo apoio financeiro e ocupa grandes áreas, pode provocar um grande aumento nas taxas de desflorestamento, segundo estudos científicos. Este artigo analisa a polêmica em torno da questão.*

**Cláudio Puty**

Departamento de Economia, Universidade Federal do Pará (UFPA)

**Oriana Almeida**

Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (UFPA)  
e Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam)

**Sergio Rivero**

Departamento de Economia, UFPA

# nizada de grãos

## e seu impacto no desmatamento amazônico

**O debate sobre a relação entre a produção** de produtos agrícolas de exportação e o desmatamento na Amazônia assumiu recentemente grande importância, tanto no debate acadêmico quanto nos círculos governamentais. Questiona-se o papel que a produção mecanizada de grãos – principalmente soja, arroz e milho – exerce sobre as variações nas taxas de desflorestamento observadas, assim como o tipo de impacto que a introdução dessas culturas tem sobre as formas tradicionais de produção agrícola na região.

Seja qual for a relação entre a crescente produção de grãos na Amazônia e a destruição da floresta, uma coisa é certa: a recente introdução da soja na Amazônia é essencialmente resultado de forças externas à região. Nos últimos anos, a expansão da produção de grãos resulta, em geral, de movimentos nos preços internacionais da soja no mercado de *commodities*.

A demanda por soja no mundo não pára de crescer. Embora esta represente hoje apenas 10% do mercado de grãos, estimativas indicam que sua produção – não só na Amazônia, mas também no resto do mundo – continuará a se expandir. Se mantida a atual tendência, a produção de soja ultrapassará as de arroz e de trigo até a metade do atual século (figura 1).

A principal causa dessa explosão na demanda por soja brasileira está no outro lado do mundo: na China. O crescimento das importações chinesas para mais de 20 milhões

de toneladas de grãos em 2002, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentos (FAO), reflete o processo de transformação estrutural de sua economia. Perdas de áreas agrícolas em decorrência da expansão da urbanização e da industrialização, além do aumento da demanda interna por óleo, são, de acordo com diferentes estudos, resultados desse processo.

A partir de 1995, apesar do aumento significativo da produção interna, a China passou a ser importadora líquida de soja. Não por coincidência, o preço da soja no mercado internacional começou a subir naquele mesmo ano, gerando

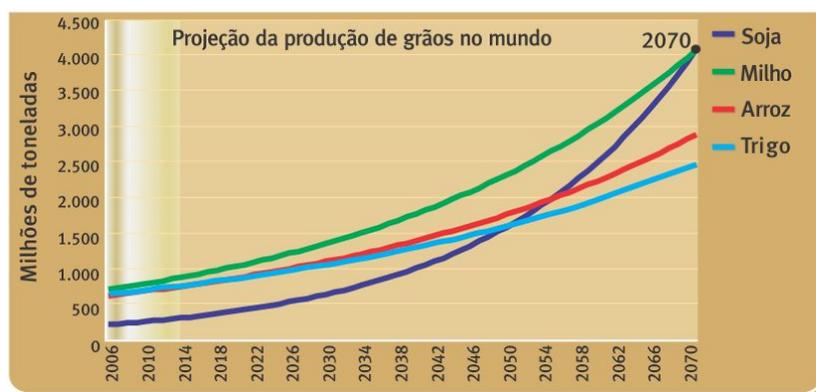


Figura 1. Embora a soja tenha representado menos de 10% da safra mundial de grãos em 2003, percebe-se, com base em uma projeção aproximativa, que a produção dessa leguminosa, mantidas as taxas de crescimento históricas, ultrapassará a de trigo em 2050, a de arroz em 2055 e a de milho em 2070

um aumento imediato na produção do Brasil e da Argentina – responsáveis por cerca da metade da soja importada pela China (figura 2).

## A EXPANSÃO NA AMAZÔNIA

O Brasil respondeu a essa demanda ampliando suas áreas de produção, de início da região Sul para a Centro-oeste e, logo após, em direção à região Norte. No Centro-oeste, grandes áreas de cerrado já foram desmatadas e substituídas pelas plantações de soja (figura 3). Na região amazônica, a soja entrou mais recentemente, aproveitando a enorme quantidade de terras e os baixos preços destas, além da fragilidade institucional típica de áreas de fronteira agrícola, que garante uma interpretação permissiva da legislação ambiental.

Dois fatores são chaves para a expansão da agricultura mecanizada na região amazônica: a topografia, já que a mecanização exige terras planas, e custos de produção competitivos com as demais regiões do país. Cabe notar que, de modo geral, o plantio do arroz e do milho tradicionalmente precede o da soja em larga escala. Isso se dá, primeiramente, porque as próprias características físicas do milho e do arroz permitem a adaptação do cultivo mecanizado a terrenos menos preparados, o que garante o financiamento da limpeza total do solo no decorrer de algumas safras e minimiza o custo inicial da implantação de soja. Não por coincidência, as estatísticas referentes à produção de milho e arroz na Amazônia apresentam alto grau de correlação com os da produção, alguns anos depois, de soja.

## A SOJA CHEGA A SANTARÉM

Um bom exemplo do processo de expansão da produção de grãos em regiões da Amazônia tradicional é a região de Santarém, no Pará, na confluência entre os rios Amazonas e Tapajós. Devido às grandes áreas de terras com baixa declividade e à localização estratégica, Santarém tornou-se, a partir de 1997, por iniciativa do governo estadual à época, um laboratório de produção empresarial de soja. Com base em resultados iniciais desses experimentos agrônômicos, que

demonstravam a viabilidade econômica da soja na área, foi iniciado um processo de atração de produtores do norte do Mato Grosso. O processo foi reforçado com o anúncio do início do asfaltamento da BR 163 (Cuiabá-Santarém) no início da atual década.

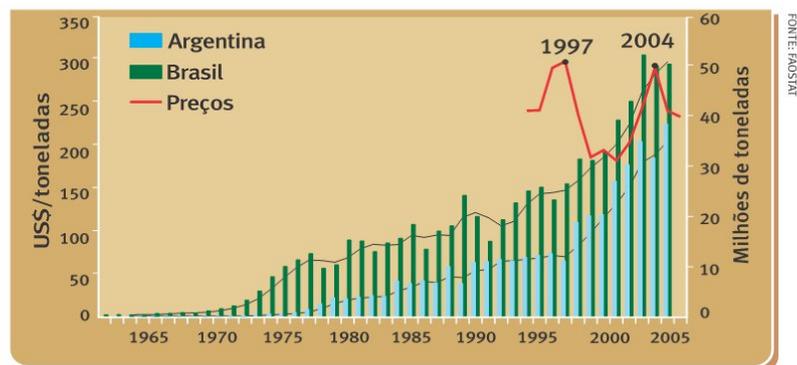
As grandes empresas produtoras de grãos do Mato Grosso, no entanto, só começaram a se interessar pelas terras do planalto de Santarém após o anúncio da implantação do terminal graneleiro da empresa exportadora de grãos norte-americana Cargill. Esse projeto, chamado pela empresa de “saída norte”, materializou-se a partir de 2000, com o início da construção do porto, que serviria como um dos canais de escoamento da soja do Centro-oeste brasileiro.

A logística envolvida na chegada da soja até o porto inclui transporte rodoviário até Porto Velho (RO) e depois hidroviário, em balsas, passando por Itacoatiara (AM) e chegando a Santarém. Tal percurso significa uma redução em até mil quilômetros em relação ao porto de Paranaguá (PR), através do qual ainda é escoada grande parte da soja produzida no cerrado. Segundo dados da Cargill, o terminal exportou, no primeiro ano de operação, 430 mil toneladas de grãos (103 mil de milho e 327 mil de soja).

A instalação do terminal gerou, quase de imediato, um aumento surpreendente nos preços da terra. O hectare de terra em áreas agricultáveis de Santarém, que valia cerca de R\$ 200 em 1998, atingiu cerca de R\$ 2 mil em 2005. A consequência imediata dessa especulação fundiária foi um acelerado processo de venda de terras por pequenos agricultores de tipo familiar para produtores empresariais vindos de fora da região. O destino das famílias que vendem suas terras é o êxodo rumo a áreas periféricas da cidade ou a reativação da fronteira agrícola, com a ocupação de terras devolutas, muitas vezes de floresta primária.

## A SOJA E O DESMATAMENTO

A introdução da soja no coração da Amazônia criou um fenômeno que anima o debate entre cientistas, empresários e ambientalistas. É bem verdade que a expansão da agricultura mecanizada parece ter causado pouco desmatamento direto, uma vez que a simples conversão de áreas de floresta em campos perfeitamente limpos e planos, como requer o cultivo da soja em grande escala, não é economicamente viável, devido aos custos envolvidos no processo.



FONTE: FAOSTAT

Figura 2. A partir do final da década de 1990, a produção sul-americana de soja teve seu crescimento acelerado, como mostra a mudança de inclinação de linha de tendência, tanto do Brasil quanto da Argentina, no gráfico. Esse movimento coincidiu com o aumento do preço desse grão no mercado internacional, a partir de 1995 (com dois picos, em 1997 e 2004)

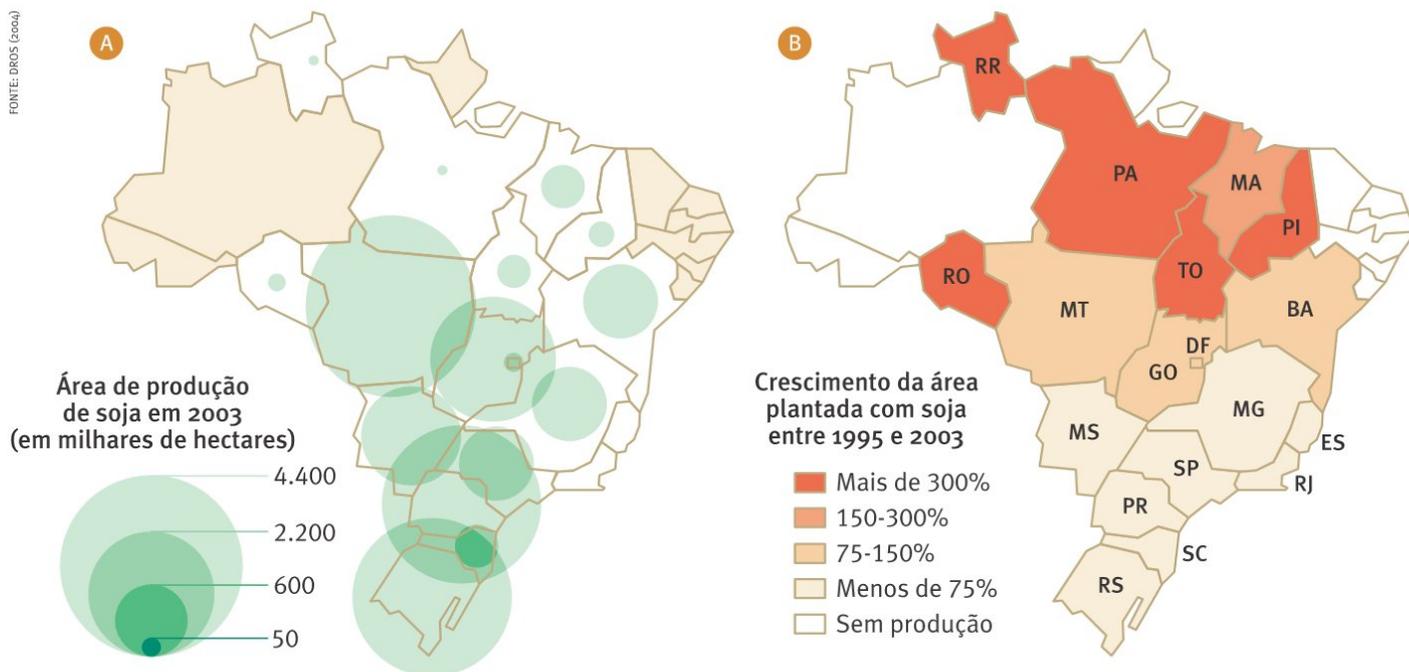


Figura 3. Os mapas da área destinada ao plantio de soja no Brasil (A) e de taxas de crescimento da área da cultura (B), por estado, revelam o crescimento acelerado da produção desse grão nos estados da região amazônica (embora em muitos deles a produção relativa ainda fosse pequena em 2003)

Entretanto, a chegada de empresários da soja na região coloca em movimento um ciclo de financiamento indireto do desmatamento, através do arrendamento ou compra de áreas de terras já 'limpas' pela extração madeireira e pela pecuária. Esse canal de capitalização de pecuaristas e madeireiros, associado à citada expulsão de pequenos proprietários, cria novas frentes de ocupação do território, que só podem ser compreendidas pela análise das relações entre os agentes produtivos da fronteira. Portanto, o potencial de expansão e desmatamento rápido gerado pela soja é enorme, diferentemente da ocupação pecuária da região – a tradicional vila, junto com a extração madeireira, do desmatamento da Amazônia.

O ciclo da pecuária extensiva, que desmatou paulatinamente a Amazônia nos últimos 30 anos, constituiu um processo de ocupação relativamente lento, baseado em atividades desenvolvidas pela elite local, subsidiada por incentivos fiscais, ou por migrantes com baixo nível de capitalização. A soja, no entanto, apresenta dinâmica totalmente distinta. Esse cultivo é uma atividade praticada por produtores altamente capitalizados ou subsidiados (por meio de pré-financiamentos) por grandes empresas exportadoras. Assim, o potencial de entrada da soja na Amazônia é mais dependente de aspectos topográficos e do movimento de preços internacionais.

Estudos sobre a soja na Amazônia confirmam o grande potencial de expansão do grão. Uma avaliação recente do

potencial de expansão da soja (artigo da colombiana Maria del Carmen Diaz, do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, e outros, submetido ao periódico científico *Ecological Economics*, demonstra, em várias simulações, que fatores climáticos e de qualidade de solo explicam apenas 16% da produção da soja, enquanto o uso de fertilizante, o custo de transporte e o crédito respondem, respectivamente, por 5%, 10% e 16%.

Com base nesses resultados, os autores fizeram simulações sobre áreas com potencial para expansão da soja. Seus resultados revelam que áreas com o atrativo potencial de produtividade acima de 2 mil kg por hectare cobrem 29% da bacia amazônica e equivalem a 1,4 milhão de km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 62% correspondem a áreas de floresta primária e o restante a áreas de cerrado em Mato Grosso. Considerando que unidades de conservação ocupam cerca de 360 mil km<sup>2</sup> das terras potencialmente apropriadas para a soja, ainda assim teríamos mais de 1 milhão de hectares aptos para essa cultura.

Cabe dizer ainda que essas estimativas consideraram apenas os atuais níveis de investimento do governo em infraestrutura. Assim, caso ocorram os investimentos em estradas e portos na Amazônia, como prevê o Plano de Aceleração do Crescimento, a área potencial para soja poderia se expandir significativamente. Isso seguramente também levaria à aceleração do desmatamento da região, em especial devido à redução de custos de transporte em áreas hoje consideradas inviáveis economicamente para o plantio de grãos.

Terminal graneleiro em Santarém (PA), motivo de polêmica na Amazônia



FOTO: HÉRON ESCOBAR/AGÊNCIA ESTADO

#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- DIAZ, M. C.; KAUFMANN, R. V.; NEPSTAD, D. C. & SCHLESINGER, P. 'An interdisciplinary model of soybean yield in the Amazon basin: the climatic, edaphic and economic determinants' (submetido à *Ecological Economics*).
- DROS, J. M. *Managing the soy boom: two scenarios of soy production expansion in South America*. Amsterdam, AIDEnvironment, 2004.
- NEPSTAD, D.; STICKLER, C. & ALMEIDA, O. 'Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation', in *Conservation Biology*, v. 20, nº 6, 2006.
- PUTY, C. C. B. 'Agricultura empresarial mecanizada na BR-163', in *Zoneamento Ecológico-Econômico da BR-163*, Embrapa, 2006.

## REAÇÃO DA SOCIEDADE CIVIL

Assim, o potencial de expansão da soja na Amazônia em geral é enorme e põe em risco uma área considerável de floresta. Recentemente, porém, dois fatores têm limitado o avanço da soja na região: a queda das margens de lucro no complexo soja e a resistência, por parte da sociedade civil organizada, à ação das grandes empresas exportadoras.

O primeiro fator tem origem fora da região: é fruto do efeito da taxa de câmbio sobre as exportações da soja, que tornou a produção brasileira bem menos atrativa no mercado internacional. Estudos, como o do ecólogo norte-americano Daniel Nepstad (do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia e do Woods Hole Research Center, nos Estados Unidos) e outros mostram que, além da óbvia relação entre a taxa real de câmbio e o volume exportado de soja do Brasil, há uma relação estatística direta com os níveis de desmatamento na Amazônia.

A resistência de parte da sociedade civil também tem sido relevante na defesa da Amazônia. Em Santarém, os conflitos foram marcantes. Diversas organizações não governamentais (ONGs) do município organizaram-se em um movi-

mento chamado Frente de Defesa da Amazônia, com o objetivo de lutar contra a expansão da soja e seus impactos. Associada a essa iniciativa, a ONG internacional Greenpeace iniciou uma campanha mundial contra a entrada da soja na Amazônia. No Brasil, os protestos focaram prioritariamente o terminal graneleiro da Cargill, que começou a operar sem que a empresa tivesse feito o necessário estudo de impacto ambiental. O fato resultou em uma liminar do Ministério Público Federal que, no início de 2007, suspendeu as atividades do terminal, retomadas normalmente após cassação judicial do efeito suspensivo da liminar. O mérito da questão ainda está sendo analisado pela Justiça.

O Greenpeace fez também uma campanha na Europa, conseguindo que o McDonald's, que comprava 5% da soja da Cargill para alimentar frangos, ameaçasse não mais comprar soja plantada na Amazônia. Como

resultado da campanha, as exportadoras de grãos assinaram em julho de 2006 uma 'carta de compromisso socioambiental', declarando que não iriam mais comprar soja de novas áreas desmatadas da Amazônia. Essa é uma vitória significativa, já que as empresas signatárias comercializam cerca de 80% da soja brasileira e têm enorme potencial de intervenção sobre os produtores. Desde a assinatura da carta, um conjunto de ONGs ambientais acompanha as aquisições das empresas, para garantir o cumprimento da moratória.

Embora a ação do Greenpeace represente um importante passo rumo à gestão do plantio de soja em áreas desflorestadas, ela não é suficiente. Um dos principais problemas é o fato de que o acordo não impede o plantio de soja em áreas já abertas. Assim, o sistema acertado com as grandes exportadoras permite, por exemplo, que a soja ocupe áreas já abertas pela pecuária e, como esta atividade não é controlada, pode se expandir para novas áreas de florestas – disfarçando, assim, o desmatamento causado pela soja.

A partir da experiência da carta de compromisso, várias organizações civis iniciaram um processo mais amplo de negociação com as empresas sobre as condições em que seria possível continuar a produção de soja na Amazônia.

Como vimos, a expansão da produção de grãos na Amazônia obedece a fatores em grande medida externos à própria região, e pouco a pouco, vai mudando o perfil de vastas áreas de seu território. Contudo, o caráter particular do avanço do agronegócio dependerá em muito dos limites impostos por parte da sociedade civil organizada, que ensaia formas de resistência que já vão além das fronteiras nacionais. Resta finalmente saber se o rumo da ação estatal, expressão da força relativa dos interesses em disputa, expressará, no futuro próximo, vontade genuína de fazer valer a legislação ambiental. É na combinação desses distintos fatores que se joga o destino da região e de suas populações. ■

# Mamirauá

*Novas formas de lidar com a conservação surgiram no Brasil a partir da década de 1990. A criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá foi uma dessas iniciativas, ao somar à preocupação ecológica o objetivo de melhoria da qualidade de vida dos moradores da região, buscando sua participação no projeto. Mamirauá é também um caso exemplar para se pensar o papel dos cientistas neste tipo de iniciativa, pois a pesquisa e os argumentos científicos tiveram grande peso no processo de criação da reserva e continuam ainda hoje orientando sua gestão. Pesquisa, manejo e participação são, pois, palavras-chave para definir esta experiência pioneira.*

**Neide Esterci**

*Departamento de Antropologia Cultural, Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

**Emiliano Esterci Ramalho**

*Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM)*

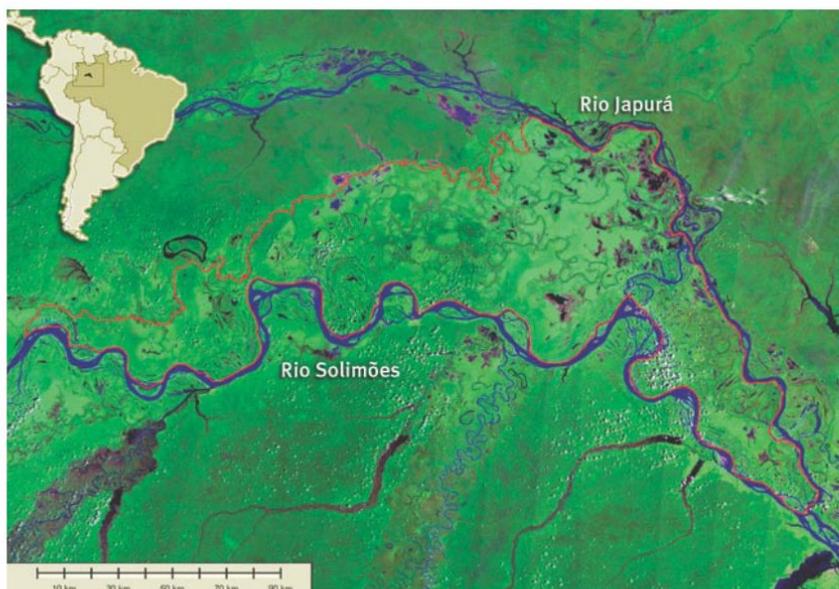
# Protegendo um ecossistema rico e ameaçado

Figura 1.  
Imagem de satélite  
da reserva Mamirauá

## A Reserva de Desenvolvimento Sustentável

**Mamirauá** é uma área legalmente protegida que ocupa uma extensão de 1.124 mil hectares na confluência dos rios Solimões e Japurá, no estado do Amazonas (figura 1). Foi criada, em parte, para atender à solicitação do biólogo e primatologista paraense José Márcio Ayres (1954-2003). No início dos anos 80, o cientista realizava estudos sobre uma espécie de macaco, o uacari branco (*Cacajao calvus calvus*) que, segundo ele, deveria estar listado entre as espécies ameaçadas de extinção, em virtude de sua pequena área de ocorrência, do baixo número de indivíduos e da forte pressão exercida sobre o seu hábitat. Em busca do sítio ideal para seus estudos, chegou ao lago Mamirauá, ficando impressionado, no percurso, com a profusão de plantas e animais, em ambiente que lhe pareceu completamente preservado.

Com o objetivo de proteger o hábitat do uacari branco e garantir a sobrevivência da espécie, Ayres encaminhou à Secretaria do Meio Ambiente (Sema), o pedido de criação de uma área legalmente protegida. Referia-se à extensão de 260 mil hectares de várzea (ou floresta inundada), parte de um ecossistema ainda pouco conhecido pelos cientistas. A solicitação somente foi atendida em 1990, e não pelo governo federal, mas pelo governo do estado do Amazonas. A área foi enquadrada na categoria de estação ecológica, uma figura já existente na legislação brasileira que, pelo estatuto, se destinava somente à conservação e a atividades de pesquisa, excluindo a presença de populações humanas e qualquer interferência na natureza que não fosse a diretamente relacionada aos objetivos da ciência e do conhecimento.



Amigo de William Hamilton (1936-2000), teórico inglês do evolucionismo moderno, cujas idéias partilhava, Márcio Ayres pensava a várzea como um reservatório único de espécies, selecionadas desde o período terciário por suportarem variações sazonais importantes no nível da água. O nível da água na região pode oscilar mais de 11 metros durante um ano, inundando milhões de hectares (figura 2). Inserida num ecossistema rico e cada vez mais ameaçado de destruição, a Estação Ecológica seria assim como uma Arca de Noé, destinada a guardar os genes de cada espécie, e um laboratório no qual pesquisadores do Brasil e de todo o mundo viriam estudar essas espécies e produzir conhecimento sobre a região.

Mas, desde que foi feita a solicitação do cientista, na década de 1980, alguns fatores afetaram as iniciativas no campo ambiental. No Brasil, as preocupações com o meio ambiente haviam se difundido e, com a aproximação da Reunião de Cúpula da Terra em 1992 (Eco-92), no Rio de Janeiro, os olhos do mundo se voltavam para o país e, especialmente, para a Amazônia. Expectativas de ganhar prestígio e atrair investi-

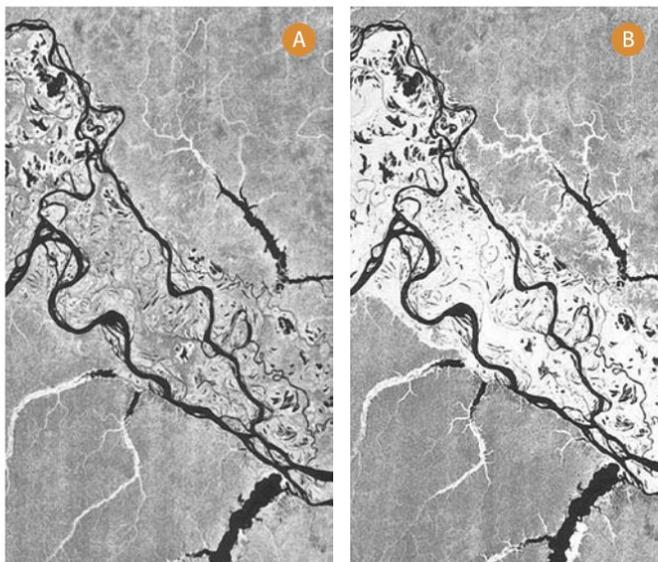


Figura 2. Nestas imagens de satélite da Reserva Mamirauá, é possível ver as áreas de floresta não alagadas (em cinza) e as áreas de floresta alagadas (em branco), nos períodos da seca (A) e da cheia (B)

mentos concorriam certamente para que autoridades brasileiras se dispusessem a destinar áreas mais extensas aos objetivos de conservação. Na esfera internacional, por outro lado, entidades ambientalistas, como a União Internacional para a Conservação da Natureza, da qual Márcio Ayres fazia parte, já se preocupavam com o fracasso da conservação nos grandes parques africanos de proteção integral e constatavam que, devido à ausência de moradores, eles ficavam entregues à depredação dos invasores. A constatação os levava a pensar em novos modelos.

Quando, por fim, o governo estadual decretou a criação da Estação Ecológica Mamirauá com uma extensão quase cinco vezes maior que a solicitada, os pesquisadores reunidos em torno de Márcio Ayres logo trataram de propor a mudança do estatuto legal da área e começaram a trabalhar na formulação de uma proposta que se adequasse às características de um espaço ocupado por mais de 60 comunidades e 5 mil habitantes.

## ORIENTAÇÃO CIENTÍFICA

Incorporar ao novo modelo a noção de desenvolvimento sustentável foi o caminho encontrado. Assim surgiu a categoria reserva de desenvolvimento sustentável (RDS). Era uma novidade. A categoria foi integrada à legislação estadual em 1996, sendo Mamirauá a primeira a ser criada segundo o modelo, que passou a integrar o Sistema Único de Unidades de Conservação (SNUC) em 2000, quando esta lei foi aprovada. Conservacionistas mais estritos e defensores de modelos de proteção integral criticaram a idéia. Os pesquisadores do projeto Mamirauá, porém, havia algum tempo vislumbravam as vantagens de ter na reserva moradores interessados em participar do projeto de conservação, coibindo a ação de depredadores e auxiliando na produção de conhecimento científico.

Na formulação de todo o projeto, os cientistas ocuparam o centro da cena, desde a demanda de uma área legalmente protegida até a formulação do conceito de uma reserva que incluísse a população e se apoiasse no manejo dos recursos. O diferencial da iniciativa tem sido o empenho em associar a orientação científica a formas de participação da população. Quando, em 1996, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) publicou o Plano de Manejo da Reserva, ele vinha assinado por 80 pesquisadores das ciências naturais e sociais.

Para acompanhar a implementação do novo modelo, foi criado o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM), que é co-gestor da reserva e tem a missão de produzir conhecimento científico para a conservação da biodiversidade e dos processos ecológicos e evolutivos da várzea por meio do manejo participativo.

A manutenção dos moradores na área de conservação foi considerada uma iniciativa pioneira. O desafio seria fazê-los aceitar as novas regras de uso dos recursos e participar da gestão da reserva (figura 3).

O espaço destinado à reserva foi redesenhado como um mosaico, composto de faixas de proteção integral e faixas de uso dos moradores. Nestas, a natureza pode ser explorada segundo regras estabelecidas a partir de critérios baseados em pesquisas científicas e negociadas com os moradores, aos quais foi atribuído o controle sobre o território e o direito exclusivo sobre os produtos naturais existentes. Dentre os lagos colocados sob o controle de cada comunidade, por exemplo, alguns são classificados como de uso e outros são intocáveis, destinados somente à reprodução dos peixes e de outras espécies.

Além de atuarem como vigilantes, protegendo a reserva de eventuais agentes depredadores, os moradores são, assim, responsáveis pelos recursos naturais renováveis, garantindo a sua perpetuação.

## OS MEDOS DE CADA UM

Logo que foi criada a reserva, a equipe de pesquisadores e técnicos contactou os diversos segmentos da população para explicar os objetivos visados, expor suas razões, ouvir cada segmento e negociar as novas regras de uso e acesso aos territórios e recursos. Além de visitarem as comunidades das margens dos rios e lagos, procuraram autoridades e políticos da cidade de Tefé, a entidade representativa dos pescadores residentes na área urbana e outras organizações, como o Conselho Indigenista Missionário (Cimi) e o Sindicato de Trabalhadores Rurais (STR).

As equipes locais da Igreja Católica não tardaram a apoiar o projeto, pois também se preocupavam com a redução dos estoques pesqueiros na região e já prestavam apoio às comunidades ribeirinhas nas lutas contra a entrada de grandes barcos pesqueiros e pequenos pescadores a seu serviço. Os ribeirinhos seguidores das religiões protestantes foram os que mais resistiram à ação dos pesquisadores, tanto pelo fato de a pregação visando à preservação ter começado com os grupos católicos, como também porque muitos deles tinham na pesca sua principal atividade econômica.

No entanto, mesmo as comunidades vinculadas à Igreja Católica expressavam dúvidas e medos diante de um projeto que os próprios líderes tinham dificuldade em compreender. Perguntavam-se até onde iriam as restrições e temiam a forte pressão dos 'patrões' locais aos quais vendiam os produtos extraídos da natureza. Para se referir à situação de incerteza quanto ao futuro, em meio a versões pró e contra a criação da reserva, um dos líderes usou o termo 'banzeiro' – como é conhecido o forte sacudir das águas típico nos grandes rios da Amazônia e que joga as embarcações de um lado para o outro.

Por sua vez, os empresários e comerciantes de peixe e madeira, habituados ao exercício da dominação clientelista, sentiam ameaçadas as bases de seu poder com a chegada de novos atores, apoiados por órgãos e autoridades estaduais e federais, financiados por organismos nacionais e estrangeiros e com mandato de gestão sobre tão rica e extensa área de pesca e extração de madeiras. Além de tudo, os pesquisadores passaram a recrutar entre os moradores assistentes de pesquisa, barqueiros, motoristas, pessoal de escritório, mecânicos, cozinheiras e outros para trabalhar na implantação da reserva. Em resposta, os 'patrões' fomentavam a resistência dos pequenos produtores, fazendo repercutir boatos de

que todos iriam ser expulsos, de que os peixes dos rios iam ser roubados e levados à noite em aviões.

Situação muito especial era a dos pescadores residentes nas periferias das cidades. Ao migrar para as áreas urbanas, em anos anteriores, eles já haviam perdido a condição de conjugar a pesca com o extrativismo e a agricultura, passando a depender quase inteiramente da primeira, cujo produto era repassado aos empresários e comerciantes. Privados do livre acesso a suas antigas áreas de pesca, eles reagiram ainda mais fortemente à implementação das regras de conservação, acusando os pesquisadores e seus apoiadores de favorecerem os moradores do interior da reserva.

## O MANEJO DO PIRARUCU

Há quem defenda, no campo ambiental, a eficácia das formas de manejo baseadas no saber acumulado por meio da prática, da observação e da experiência das populações locais. Esta não é a posição dos idealizadores e gestores da Reserva Mimirauá, entre os quais prevalece a noção de que os saberes, embora tendo valor, não são suficientes para garantir a eficiência dos esquemas de conservação. Para eles, estes saberes precisam ser corroborados, corrigidos ou complementados pelo conhecimento científico.

Entre as espécies mais importantes a terem sua exploração regulada pelo manejo em bases científicas estão certamente os peixes e as madeiras de grande valor comercial. Em ambos os casos foram feitos investimentos significativos por parte dos pesquisadores do Instituto Mimirauá no sentido de envolver e treinar os moradores das comunidades nos procedimentos adequados ao uso desses recursos de modo que a

FOTO EDILIA MOURA



Figura 3. São Francisco do Atucá, situada no setor Horizonte da Reserva Mimirauá, em período de cheia, em 2006

Figura 4. O pirarucu, uma das espécies emblemáticas da reserva, teve seu estoque quintuplicado em sete anos (1999-2005), graças à cooperação entre os pesquisadores e os pescadores



FOTO EMILIANO ESTERCI RAMALHO

SUGESTÕES PARA LEITURA

AYRES, J. M. *As matas de várzea do Mamirauá*. Brasília/DF: MCT-CNPq/PTU e Sociedade Civil Mamirauá, 1993.

LIMA, D. M. 'Equidade, desenvolvimento sustentável e preservação da biodiversidade: algumas questões sobre a parceria ecológica na Amazônia', in *Faces do trópico úmido – conceitos e questões sobre desenvolvimento e meio ambiente*. Edna Castro e Florence Pinton (eds.), Belém, Cejup, 1997.

REIS, M. *Arengas e psicas – as reações populares à criação da RDS Mamirauá e ao manejo sustentável e participativo dos recursos naturais*. Belém, Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, 2005.

QUEIROZ, H. L. 'A pesquisa científica em Mamirauá: instrumento de consolidação do manejo participativo e da conservação da biodiversidade', in *Terras indígenas e unidades de conservação da natureza: o desafio das sobreposições*. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2004.

Na internet: [www.mamiraua.org.br](http://www.mamiraua.org.br)

reprodução das espécies exploradas não fosse ameaçada.

O pirarucu, uma das espécies emblemáticas da reserva, um peixe que pode chegar a três metros de comprimento e 200 quilos de peso, é o mais cobiçado e valorizado no mercado. Uma pesquisa voltada para o manejo da espécie tornou-se referência de sucesso da combinação de procedimentos científicos com os saberes dos especialistas da pesca (figura 4).

O pirarucu pesca-se com um arpão, de pé, equilibrando-se sobre uma canoa, o que requer muita habilidade, adquirida em anos de aprendizado e prática. Há também a força necessária para dominar um peixe dessas dimensões. Os especialistas da pesca do pirarucu, homens adultos das comunidades do setor Jarauá, se opunham, muitas vezes ostensivamente, às ordens de não entrar nos lagos de reprodução. A questão se resolveu com sua organização em torno de um projeto de exploração e comercialização do pescado, sendo-lhes oferecida infra-estrutura para trato e armazenamento dos peixes; em troca, as regras teriam que ser cumpridas. Nessa altura, a pesca do pirarucu estava proibida em toda a Amazônia, mas uma licença especial seria obtida junto ao Ibama, para que a pesca manejada fosse realizada.

Entre 1999 e 2005, os pescadores organizados fizeram a contagem anual dos pirarucus nos lagos, de modo a avaliar a evolução do estoque e calcular as cotas que poderiam ser retiradas por cada pescador. Segundo os pesquisadores que trabalharam junto aos pescadores

nesta sondagem, ao fim destes sete anos, o estoque de pirarucus havia quintuplicado.

Como o pirarucu precisa vir à superfície da água para respirar, é neste momento que os pescadores têm a chance de arpoar a sua presa. A observação regular deste comportamento permite que os pescadores mais treinados e talentosos sejam capazes de distinguir entre um e outro indivíduo da espécie. A constatação desta habilidade levou os pesquisadores à conclusão de que era possível estimar o número de pirarucus da reserva com grande precisão e em muito menos tempo do que o necessário para a aplicação dos métodos científicos tradicionais. A partir daí, a contagem tem sido feita anualmente, permitindo que as cotas de pirarucus sejam determinadas e distribuídas entre os pescadores envolvidos no processo.

Este é um exemplo de associação bem-sucedida entre saber científico e saber local, de cooperação entre pesquisadores e especialistas da pesca, portadores de saberes e habilidades excepcionais, que se tornaram inclusive difusores da experiência.

Contudo, não se pode prever como se desenvolverá todo o processo. É que, embora visando à equidade e à conservação, ao trato mais cuidadoso com a natureza e à melhoria da qualidade de vida da população, projetos como este se defrontam com um sistema que continuamente reproduz os mecanismos e valores produtores da desigualdade. Ao protagonizarem o movimento de preservação dos lagos, antes mesmo da chegada dos ambientalistas, os moradores das comunidades ribeirinhas tinham em mente proteger suas áreas de pesca contra a devastação praticada pelos grandes agentes industriais e comerciais da pesca e pelos pequenos pescadores a serviço destes. Mas não contavam com os sacrifícios que lhes seriam exigidos com a implementação do projeto de conservação. Tanto para esses moradores, quanto para os pescadores residentes nas cidades, as compensações obtidas para as perdas advindas das restrições impostas pelo projeto de conservação são sempre insuficientes, porque são populações exploradas pelos agentes econômicos e muito mal assistidas pelos poderes públicos. São condições adversas, talvez não devidamente consideradas e, por enquanto, incontornáveis. ■



# Modelagem

## simples na

*Tradicionalmente voltada para a meteorologia, a área de modelagem de sistemas naturais já engloba temas vitais para a ecologia do planeta, como a dinâmica de lagos, rios e bacias hidrográficas, o manejo de florestas, a precipitação atmosférica, só para citar alguns poucos exemplos.*

*Neste início de século, a modelagem de sistemas naturais é marcada por um alto grau de interdisciplinaridade e pelo auxílio de poderosas ferramentas matemáticas e computacionais, o que confere aos modelos maior poder de previsão teórica, bem como mais proximidade com os dados experimentais. Neste artigo, apresentaremos primeiramente ao leitor um breve relato sobre a complexidade envolvida na modelagem de um sistema natural aparentemente simples, para depois discutir em que termos as várias disciplinas – com ênfase na física – são empregadas na descrição de um ecossistema.*

**Affonso Augusto Guidão Gomes**

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ)



# de ecossistemas

## aparência, complexos na prática

**Há muito, a construção de modelos teóricos** tem sido usada em vários campos do conhecimento, da sociologia, biologia e medicina à física, química e mesmo matemática. No passado, essa abordagem costumava ser praticamente ‘estanque’, isto é, mantinha-se dentro dos limites de cada uma dessas áreas. Hoje, no que diz respeito a ecossistemas, a modelagem teórica é eminentemente (e necessariamente) multidisciplinar, reunindo profissionais com diversas formações e tendo como base noções emanadas de várias disciplinas, como a biologia, a física e a química, cada uma delas descrevendo determinados aspectos dos muitos processos observados em ecossistemas. Aqui, daremos ênfase ao modo como a física pode contribuir para essa modelagem.

Por muito tempo, os problemas envolvendo a modelagem de sistemas naturais foram abordados apenas por meio de métodos puramente descritivos. Com a introdução de métodos explicativos – baseados principalmente em teorias, métodos e técnicas oriundas da física e da química –, os ecossistemas deixaram de ser modelados como simples ‘caixas-pretas’, passando a incluir descrições dos processos envolvidos em sua dinâmica. Essa abor-

dagem passou a determinar as escalas relativas ao espaço e ao tempo dos ecossistemas nas quais esses processos ocorrem.

Outra vantagem dos métodos explicativos: eles permitem propor mecanismos para explicar características da dinâmica do sistema modelado. Esses mecanismos envolverão parâmetros cuja influência sobre o comportamento do sistema pode ser investigada. Assim sendo, a modelagem explicativa é particularmente importante para sistemas que sofrem a ação do homem, hoje uma questão premente não só no Brasil, mas também em todo o planeta.

### *Simples na aparência*

A descrição de um ecossistema é, muitas vezes, uma tarefa complexa, dado o número significativo de variáveis que devem ser levadas em conta na hora de se descrever o modelo.

O que pode parecer inicialmente um fator complicador (uma multitude de variáveis) acaba sendo um lado positivo do sistema que se quer modelar. ▶

A física nos ensina que um sistema com muitos parâmetros (ou graus de liberdade, no jargão científico) pode ter descrição global bem simplificada. Os físicos costumam, por exemplo, empregar esse tipo de abordagem em problemas que envolvem a chamada transição de fase. Talvez, o exemplo de mudança de fase mais próximo do leitor seja a transformação da água líquida em gelo, em vapor etc.

Um exemplo no qual se pode aplicar o método adotado na física para estudar transições de fase é o da modelagem de um lago. Para modelar a dinâmica dessa massa de água (ou seja, como ela varia ao longo do tempo), é possível deixar de lado uma série de parâmetros, levando em conta apenas o seguinte: i) contorno geométrico do lago; ii) a velocidade do vento em cada ponto de sua borda; iii) o perfil de seu fundo. Uma vez conhecidos esses parâmetros iniciais, é possível determinar a dinâmica das águas do lago com o uso da equação de Navier-Stokes (muito utilizada pelos físicos para estudar o comportamento de fluidos e o fenômeno da turbulência, por exemplo). Com certos ajustes relativamente simples, esse mesmo procedimento serviria para modelar rios e bacias hidrográficas.

Porém, essa possibilidade de eliminar parâmetros iniciais tem seu preço: as equações que descrevem a dinâmica final dessas massas de água tornam-se complexas, a ponto de ser necessária a ajuda do chamado método (estatístico) de Monte Carlo, que os físicos desenvolveram por volta da década de 1950 e até hoje empregam para lidar com um número astronômico de partículas geradas nos aceleradores.

Se o objetivo inicial era modelar o comportamento das águas do lago, então o trabalho praticamente acabou, restando apenas o trabalho matemático, provavelmente computacional, de resolução das referidas equações.

## Com animais e plantas

Mas e se no lago houver zooplâncton e fitoplâncton (respectivamente, comunidades de pequenos animais e plantas que vivem em suspensão nas águas)? Nesse caso, é preciso acoplar ao modelo um outro mais específico e que inclui os efeitos da absorção de luz pelo fitoplâncton (vale apenas citar rapidamente que, nesse caso, os físicos apelam para o chamado modelo de Beer, da área de óptica).

Podemos também subdividir o lago em subsistemas que podem ser encarados como uma coleção de compartimentos, entre os quais pode haver trocas (interações). Esse é o chamado modelo generalizado de reservatórios (MGR), ideal para o caso de haver

a presença de peixes de espécies diferentes, em um regime de presa e predador.

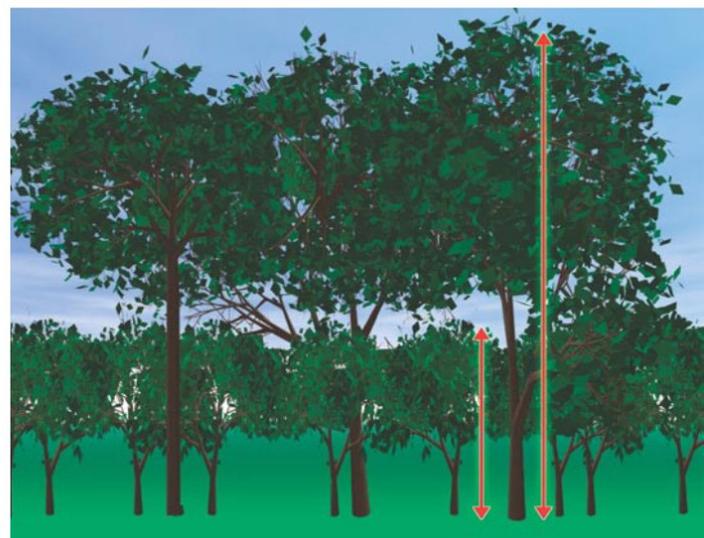
Caso haja troca de objetos (plantas, presas, predadores etc.) e/ou substâncias (nutrientes, poluentes etc.) entre os compartimentos, é preciso incluir no modelo de reservatório o termo respectivo. Se o movimento for por difusão, por exemplo, usa-se a chamada lei de Fick, que governa como um gás se difunde através de uma membrana e que tem aplicações tanto na física quanto na fisiologia. Porém, com esse termo de difusão, introduz-se uma complicação extra: o surgimento de equações diferenciais parciais, que exigem métodos matemáticos específicos para resolvê-las – por sinal, os mesmos empregados para modelar animais que migram ao longo de uma costa.

Para sistemas naturais que mantêm comunicação com outros ecossistemas, a modelagem vai se tornando mais complexa. Um exemplo desse tipo pode ser visto em lagoas brasileiras (ver 'Iquipari e Grussaí').

Uma lição que devemos extrair da modelagem de ecossistemas: qualquer sistema natural, por mais simples que possa ser sua aparência, é eminentemente complexo. E descrevê-lo matematicamente não é trivial. Isso obriga os físicos e outros profissionais a idealizar esses sistemas, simplificando (às vezes, eliminando) várias de suas características.

## Coleção de árvores

Um dos primeiros passos de um estudioso da modelagem frente a um sistema natural é reconhecer nele a existência de escalas espaciais e temporais. Isso é uma ação fundamental para determinar, por exemplo, o papel que cada teoria e/ou disciplina terá na modelagem.



A existência, em uma floresta, de árvores com tamanhos diferentes (como mostra a ilustração) é um exemplo da presença simultânea de escalas distintas em um sistema natural

## IQUIPARI E GRUSSAÍ

As lagoas de Iquipari e Grussaí, na região norte fluminense, são exemplos de ecossistemas brasileiros que foram modelados pelo Grupo de Modelagem de Sistemas Naturais do CBPF. Uma característica peculiar de ambas é o fato de elas terem uma conexão com o mar. Essa conexão, em boa parte do ano, permanece fechada por uma larga barreira de areia (o caso de Iquipari é mostrado na figura). Em certos meses do ano, porém, a barreira é aberta pelos pescadores locais, para evitar inundações inconvenientes das casas da comunidade à medida que o nível das águas da lagoa aumenta. Outra razão para isso é permitir a entrada na lagoa de novas espécies de peixes, que são capturados para alimentação.

A modelagem desse tipo de ecossistema requer, no mínimo, duas escalas de modelagem, cada uma com dinâmicas específicas. Esses dois modelos envolvem: i) a solução da equação clássica de Navier-Stokes para o lago na presença do vento, que induz o transporte de substâncias; ii) o modelo de reservatórios, para descrever a dinâmica do fitoplâncton e do zooplâncton, juntamente com a dinâmica dos peixes.



Localização das cinco estações de coleta da lagoa Iquipari, em Paraíba do Sul, no norte fluminense

Para termos idéias de escalas espaciais, vamos supor um sistema natural simples: uma floresta (aqui, para nossos propósitos, uma coleção de árvores de diferentes tamanhos e as interações delas com o solo e a atmosfera). A primeira dessas interações se dá por intermédio das raízes e imediatamente introduz uma escala de comprimento específica e característica para essa parte das árvores. Por outro lado, a interação com a atmosfera faz intervir os galhos e principalmente as folhas, pois estas são as responsáveis pela interação com a atmosfera, através da fotossíntese.

Em nossa floresta, um exemplo da presença simultânea de escalas distintas é dado por uma pequena árvore de tamanho muito menor que aquele atingido pelas copas de árvores vizinhas. Devido ao sombreamento causado pelas árvores maiores, poderíamos esperar que a planta menor não sobrevivesse por falta de incidência solar, pois faltaria a ela a produção de carboidratos associados à fotossíntese. Na prática, porém, isso não ocorre. Sabemos que microrganismos do solo transmitem para as raízes os nutrientes necessários para a manutenção e o crescimento da árvore pequena.

## De folhas, para galhos e troncos

Podemos querer começar a modelar nossa floresta pelo nível molecular, já que a fotossíntese é um fenômeno extremamente importante para as plantas. E mesmo para o planeta: algumas estimativas consideram que a fotossíntese é responsável pela fixação de  $10^{11}$  toneladas de carbono e por um armazenamento de energia da ordem de  $10^{18}$  kJ (kilojoules) – para se ter uma idéia, a queima de uma tonelada de carvão gera  $3 \times 10^7$  kJ (ou seja, 30 milhões de kJ). Desse mecanismo bioquímico depende uma das mais importantes fontes de produção de oxigênio para a atmosfera terrestre.

Na escala molecular (da ordem de um angström, ou seja,  $10^{-10}$  m), podemos empregar o formalismo da mecânica quântica (teoria que lida com os fenômenos na escala atômica) e/ou o chamado método variacional discreto (em inglês, DVM), caso seja necessário lidar com moléculas simples.

Dos átomos e moléculas, podemos passar para ▶

as reações químicas, cuja escala temporal é da ordem de femtossegundo ( $10^{-15}$ s). Portanto, nesse cenário, lidamos com escalas da ordem de angströms e femtossegundos. Essa é uma das escalas mais relevantes na descrição de árvores, pois ela é fundamental para que passemos para outro nível, o das copas, onde ocorre a interação mais contundente com a atmosfera.

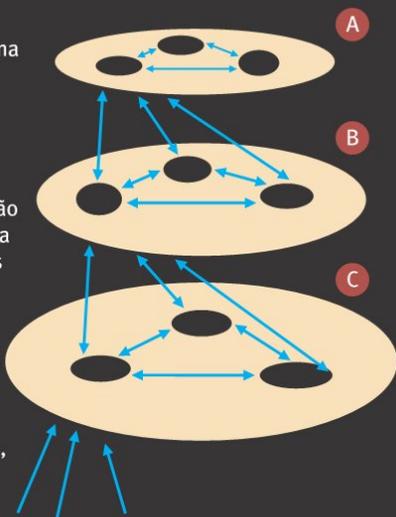
## GENERALIZANDO O CONCEITO DE ESCALA

Para podermos compreender com mais detalhes a questão dos níveis, vamos admitir que o nível mais baixo seja definido pelas variáveis  $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$ , no qual o conjunto das variáveis define o nível correspondente. O nível superior, mais próximo do nível  $C$ , será chamado  $B$  e definido pelas variáveis  $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ . Este último nível ficou então especificado por  $m$  variáveis, e o nível imediatamente superior será  $A = (a_1, a_2, \dots, a_p)$ , definido agora por  $p$  variáveis.

Dessa maneira, fomos capazes de partir de um sistema com  $n$  partes e subdividi-lo em  $m$  e  $p$  frações, considerando interações entre as partes de um mesmo nível (interação intranível) e entre partes de níveis distintos (interação internível).

Estamos, então, diante de uma generalização do conceito de escala para o que chamaríamos subsistemas em interação. Acreditamos que essa formulação indicará, para aqueles que pretendem modelar sistemas naturais, qual é o caminho a ser seguido para separar sistemas complexos em subsistemas com graus de interação adequados.

Visualização da estrutura de um sistema hierárquico, com as interações intraníveis (setas horizontais) e interníveis (setas ligando os diversos planos). A estratificação em níveis está baseada em critérios temporais ou alternativamente em termos de frequências comportamentais. Essa descrição pode ser aplicada a vários tipos de ecossistemas, de florestas a lagos, por exemplo



Um físico preocupado em modelar uma floresta tem que necessariamente levar em consideração essa série crescente de escalas: daquela que vai dos átomos e das moléculas para a da folha, e desta para escalas maiores, dos galhos e troncos das árvores e raízes.

Para finalizar esse tópico, vale ressaltar aqui que, há cerca de 10 anos, um grupo de pesquisadores, liderados por Jingsheng Luan, publicou, no periódico *Ecological Modeling* (v. 86, pp. 37-50, 1996), um artigo mostrando como a técnica de escalas pode ser útil na descrição de árvores. Os resultados desse trabalho sugerem um novo tipo de universalidade; no caso, a universalidade do método de escalas aplicado a sistemas naturais.

## Interação entre biosfera e atmosfera

Uma floresta, porém, não é um sistema estanque. É preciso, por exemplo, levar em consideração a interação das árvores com a atmosfera. A evaporação (produzindo nuvens e estas interagindo com a luz solar incidindo sobre a Terra) levou os estudiosos da área a considerarem esses efeitos com as suas escalas correspondentes. Portanto, entra em cena a dinâmica da atmosfera e a sua modelagem.

A dinâmica atmosférica foi inicialmente descrita em termos da teoria dos fluidos, porém percebeu-se que era necessário introduzir a interação com as florestas para que a modelagem da atmosfera terrestre fosse mais completa e realista. A meteorologia emprega basicamente os chamados modelos de circulação geral (MCG) e os sistemas de modelagem de atmosfera regional (SMAR).

Vale salientar que, na meteorologia, estão historicamente as únicas aplicações *strictu sensu* de teorias físicas para sistemas naturais. Porém, hoje sabemos que os modelos de circulação geral, quando acoplados com modelos da biosfera, fornecem previsões do tempo mais precisas. Isso demonstra claramente a importância da modelagem de ecossistemas.

## Descrição hierárquica

Como deve proceder um estudioso da modelagem diante da complexidade apresentada para a descrição de sistemas em interação? Uma saída comum é introduzir a chamada descrição hierárquica, que generaliza o conceito de escala descrito até agora.

GOMES, A. G.; VARRIALE, M. C. MODELAGEM DE ECOSISTEMAS: UMA INTRODUÇÃO. SANTA MARIA: EDITORA DA UFSM, 2ª ED., 2004. P. 267

## COLABORAÇÃO ENVOLVE QUATRO INSTITUIÇÕES

O Grupo de Modelagem de Sistemas Naturais do CBPF mantém ampla e profícua colaboração com o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade Federal de Santa Maria (RS) e a Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Um dos temas discutidos neste artigo (modelagem de uma floresta de árvores) corresponde a uma generalização de um trabalho anterior, que descreve a interação entre duas plantas através de microrganismos e que foi publicado pelo autor deste artigo e por Mario Reginaldo Fialho Dorneles e Celso Arami Marques da Silva em *Ecological Modelling* (v. 174, pp. 323-330, 2004).

No caso, as plantas foram substituídas por árvores, sendo que a árvore menor (de forma análoga ao caso de duas plantas) recebe nutrientes via microrganismos, enquanto sua altura permanecer menor que o topo das árvores maiores vizinhas. Nota-se a presença de escalas nesse exemplo de árvores. No caso das duas plantas, os microrganismos são os únicos meios existentes para transportar nutrientes no modelo adotado.

Como o nome diz, essa descrição está baseada na hipótese de os sistemas de interesse apresentarem diversos níveis hierarquizados de complexidade. Para isso, assumimos que o sistema a ser modelado exiba uma estrutura horizontal (associada às interações intranível) e uma vertical (associada às interações interníveis). Em outras palavras: os níveis interagem entre si, ocorrendo também uma interação entre os elementos constituintes de cada um deles (ver 'Generalizando o conceito de escala').

Tomemos um sistema complexo que exibe diversos níveis em relação a uma dada escala de energia (podemos imaginar aqui, por exemplo, nossa floresta de árvores). No caso, a aplicação da descrição hierárquica consiste em separar o número de elementos, em determinado nível de energia, que apresentam interações intranível e internível.

Uma forma de aplicar esse modelo a sistemas florestais é o seguinte:

i) a razão de assimilação de  $\text{CO}_2$ , o processo de redução do carbono, bem como o processo de oxidação do carbono, constituem um dos níveis do processo, cuja escala de tempo característica é da ordem de segundos e que chamaremos nível 4;

ii) outro nível considera a respiração da folha, a condução na folha e sua transpiração, cuja escala de tempo característica é da ordem de horas (menor que um dia), definindo o nível 3;

iii) os diversos processos de crescimento de uma árvore individual levam em consideração o conteúdo de água e de nitrogênio no solo e correspondem a uma escala de tempo característica da ordem de dias, formando o nível 2;

iv) a evolução florestal levando em conta o desenvolvimento de cada espécie, incluindo a matura-

ção das árvores, sua mortalidade e o crescimento de suas dimensões, formam o nível 1, cuja escala de tempo característica é da ordem de anos.

Cabe salientar que, com essa estrutura vertical, são contempladas diversas trocas de informação entre níveis adjacentes, ou seja, os processos em níveis mais baixos (no caso acima, o mais baixo seria o de nível 4) são utilizados na transmissão de informação para níveis mais altos.

## Melhor poder de previsão

As primeiras tentativas de construir modelos de sistemas naturais iniciaram-se há cerca de meio século. Desde então, essa área ganhou a adesão de muitos pesquisadores, e vários grupos foram formados em diversos países, inclusive no Brasil (ver 'Colaboração envolve quatro instituições'). Os temas de interesse da modelagem de ecossistemas passaram a encampar questões vitais para a ecologia. Por exemplo, massas de água, manejo de florestas, dinâmica da água em solos, precipitação atmosférica.

Nestas últimas cinco décadas, a incorporação de novas ferramentas matemáticas e de teorias físico-químicas, bem como o crescente poder computacional, fizeram com que os modelos ganhassem poder de previsão e – tão importante quanto – proximidade com os dados experimentais. Em uma época em que a questão ecológica vem se mostrando tão premente, a importância da modelagem de ecossistemas tem, cada vez mais, ganhado seu merecido reconhecimento. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- GOMES, A. G. 'Modelagem de sistemas naturais'. CBPF – na vanguarda da pesquisa. Rio de Janeiro: CBPF, 2000. Disponível (em formato PDF) em <http://portal.cbpf.br/protected/Pages/divulgacao/pdfs/ModSistNatur.pdf>
- GOMES, A. G.; VARRIALE, M. C. Modelagem de Ecossistemas: uma introdução. Santa Maria: Editora da UFSM, 2ª ed., 2004.
- SILVA, C. M.; GOMES, A. A. 'Modelling of natural systems: a physicist approach'. Ciência e Sociedade. Rio de Janeiro: CBPF, n. 004, 2001. Disponível em [http://www.biblioteca.cbpf.br/index\\_2.html](http://www.biblioteca.cbpf.br/index_2.html)
- BOSEL, H. 'Treedyn3 forest simulation model'. *Ecological Modelling*, v. 90, n. 187, 1996.



# Tecnologia a serviço da tradição

Uma grande festa vai mobilizar, neste mês de julho, os índios cuicuros do Parque Indígena do Xingu. Não se trata de um dos rituais tradicionais, mas da inauguração do Centro de Documentação Kuikuro, parte de um projeto de registro cultural e linguístico desse povo, coordenado pelos pesquisadores Carlos Fausto e Bruna Franchetto, do Programa de Pós-graduação em Antropologia Social (PPGAS), do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

O projeto teve início no ano 2000, a partir da demanda do che-



O cineasta indígena Amunegí filma seu pai, o chefe Afukaká, durante a reza do pequi, (à direita). Abaixo, formação de dança do javari, tendo à frente o principal lançador de dardos

fe indígena Afukaká, que temia a perda dos costumes, em particular dos cantos e das festas tradicionais. Os jovens cuicuros pareciam desinteressados em conhecer sua cultura, mais atraídos pela possibilidade de se assalaria-

rem e dominarem o português, aprendendo a ler e a escrever. A entrada da televisão na aldeia – havia apenas uma em 1998 e hoje há cerca de 10 aparelhos – também passou a influenciar as novas gerações.

Além disso, Afukaká havia visitado, nos anos 90, os bacairis – que integravam o sistema xin-

FOTOS DE CARLOS FAUSTO



guano até o início do século 20, mas acabaram se mudando para fora do complexo regional – e ficou chocado ao constatar que eles haviam perdido todos os seus cantos.

A experiência dos pequotos – povo indígena da Nova Inglaterra (Estados Unidos) que o chefe Afukaká conheceu quando, junto com Aritana, líder dos iualapitis, visitou uma série de reservas no Canadá e nos Estados Unidos – também contribuiu para que ele refletisse sobre a transformação que estava ocorrendo com os cuicuros. Os pequotos mantêm um imponente empreendimento, com cassino, museu, *spa*, campo de golfe e empregados não indígenas. “Os pequotos adquiriram domínio sobre a tecnologia e o dinheiro, invertendo a assimetria nas relações entre índios e brancos. Mas quando o fizeram já haviam perdido sua língua e tradições”, diz Fausto.

Foi esse o contexto que levou o chefe cuicuro a pedir ao antropólogo, então iniciando a sua pesquisa, para que documentasse todos os seus rituais, com o propósito de “guardar nossa cultura”. Assim teve início um trabalho de parceria entre os pesquisadores e a comunidade, que se estende até hoje e já documentou a maioria dos cantos e festas cuicuros com recursos do Programa Demonstrativo dos Povos Indígenas e da Petrobras Cultural, além de agências de fomento à pesquisa. “Estamos fazendo uma documentação sistemática. O trabalho é imenso. Para se ter uma idéia, apenas das flautas sagradas, gravamos 18 horas de música sem repetição”, conta Fausto. Com parte desse material, ele organizou a exposição Tisakisü – Tradição e Novas Tecnologias da Memória, em exibição até outubro no Museu do Índio do Rio de Janeiro. No idioma cuicuro, *tisakisü* significa “a nossa palavra”.

Além dos textos e fotos, de sua autoria, há diversos vídeos que



foram realizados pelos cuicuros, especialmente pelos mais jovens, que encontraram nessa atividade uma nova motivação para se acercarem da sua própria cultura. Eles foram capacitados pela ONG Vídeo nas Aldeias, que estabeleceu

uma parceria com a Associação Indígena Kuikuro do Alto Xingu. “Os jovens entraram de cabeça nesse projeto de documentação e hoje são muito respeitados na aldeia”, conta Fausto.

Com a inauguração do Centro ▶

Chefe Afukaká fura a orelha do jovem Jakalu

## NO ALTO XINGU

Os cuicuros são um povo de língua caribe que habitam a região dos formadores do rio Xingu. Com uma população de cerca de 600 pessoas, distribuem-se hoje em três aldeias, sendo a principal delas a de Ipatse. Assim como os demais povos xinguanos, vivem principalmente da pesca e da mandioca.

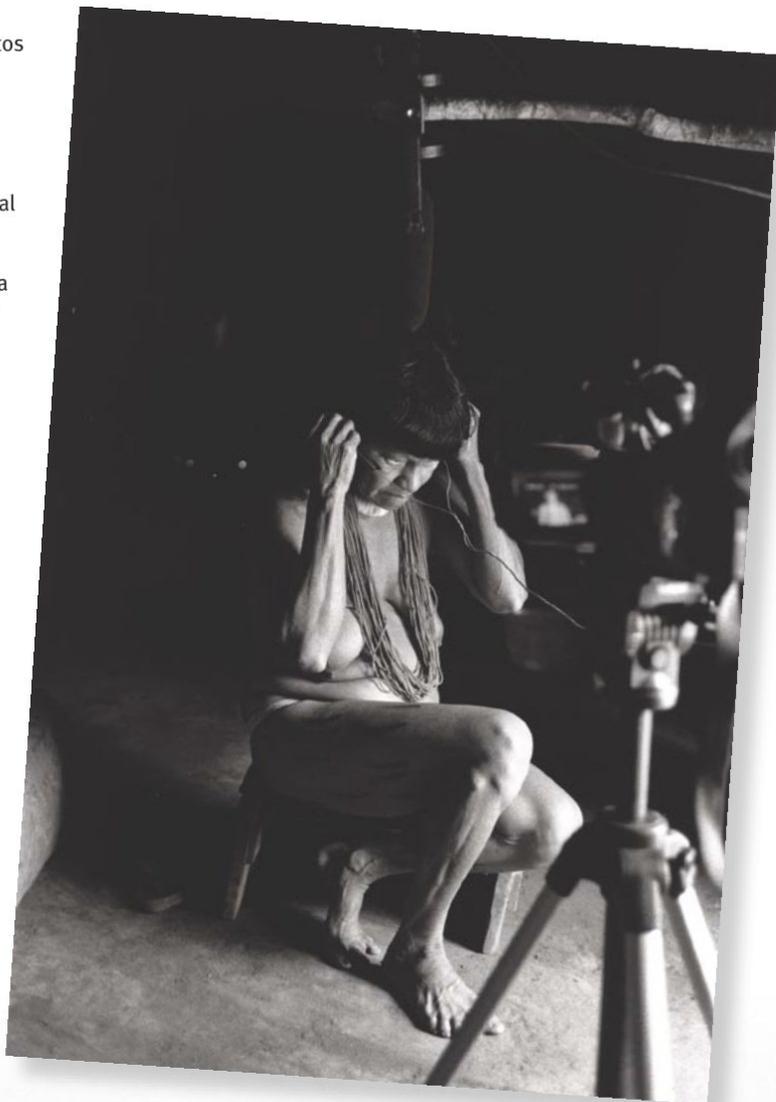
A região do Alto Xingu, no norte do Mato Grosso, reúne povos de origens e tradições diversas. Esse complexo pluriétnico e multilíngüe começou a se formar no século 9, atingindo o apogeu entre os séculos 13 e 16. No século 17, contudo, essas aldeias entraram em declínio, talvez devido às doenças introduzidas com a colonização. Mas a constelação xinguanana se refez e nos séculos 18 e 19 incorporou povos recém-chegados à região, enriquecendo a sua tradição. Hoje parte dessa área pertence ao Parque Indígena do Xingu, uma reserva federal criada pelo governo brasileiro em 1961.



Mulheres dançam na aldeia cuicuro de Ipatse

## EM DIA

A mestre de cantos Magia escuta as gravações, realizadas para o projeto de documentação do acervo musical e ritual cuicuro. Abaixo, festa feminina na aldeia iaualapiti



de Documentação, eles terão acesso também a computadores e internet. “Com a incumbência de ‘guardar a cultura’ cuicuro, o contra-ataque que encontramos foi o de usar a própria magia dos brancos, ensinando como produzir mais e mais imagens, colocando a tecnologia a serviço da memória, na esperança de que isso sirva tanto ao passado quanto ao futuro”, resume o antropólogo.

O projeto de documentação cultural está associado a outro de documentação lingüística, que compreende uma gramática do idioma cuicuro, elaborada por Bruna Franchetto e Mara Santos, e a reunião de gravações em áudio e vídeo contendo diversos gêneros de fala (como se narram as histórias, como se conversa no dia-a-dia, como os chefes discursam na praça, como os pajés relatam suas viagens xamânicas). O projeto é financiado pela Fundação Volkswagen por meio do Instituto Max Planck, responsável pelo programa Dobes, que desenvolve bancos de dados digitais voltados para a documentação e salvaguarda de línguas em perigo.

**Sheila Kaplan**  
*Ciência Hoje/RJ*



ENGENHARIA DE MATERIAIS Reciclagem de sucata eletrônica permite obtenção de matéria-prima nobre

# Do pó ao cobre

Computadores, aparelhos de televisão, rádios e celulares carregam muito mais que utilidades e facilidades: quase todos os metais da tabela periódica podem ser encontrados em placas de circuito impresso que compõem equipamentos eletroeletrônicos em geral. Preocupado em impedir que esses metais retornem ao meio ambiente de forma inadequada, o engenheiro Hugo Marcelo Veit desenvolveu um processo inédito para reciclar sucatas eletrônicas, que envolve métodos mecânicos (magnéticos e eletrostáticos) e eletroquímicos. O trabalho foi realizado dentro do programa de pós-graduação em ciência dos materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

“Das placas podemos obter, entre outros elementos químicos, estanho, níquel, ouro, paládio, alumínio, chumbo e, principalmente, cobre”, explica Veit. Segundo o pesquisador, de uma tonelada de sucata é possível reaproveitar 53 kg de cobre, propiciando uma economia relevante. “Além de recuperar cobre, que é um metal caro, impedimos, por meio da separação, que o chumbo contamine o ambiente”, completa.

O processo começa com a separação de materiais que contêm substâncias corrosivas, como baterias, e em seguida as placas passam por rotores dotados de facas de aço. A sucata é moída duas vezes até que todos os pedaços fiquem com menos de 1 mm. Segundo Veit, a moagem libera os metais – faz com que os materiais polímeros e cerâmicos deixem de envolvê-los. Depois o pó é peneirado para uma primeira separação, chamada de granulométrica.

Em geral os metais são mais grossos que as outras substâncias.

Ferro e níquel são, então, retirados da mistura por meio magnético, e os polímeros e cerâmicos, por não serem condutores, acabam completamente separados no processo eletrostático. O passo seguinte é a dissolução dos metais em ácido sulfúrico para transformá-los em íons, aos quais é aplicada uma diferença de potencial capaz de provocar o depósito de um elemento específico, como, por exemplo, o cobre. Veit explica que cada metal tem um potencial elétrico característico. Portanto, a aplicação de uma corrente elétrica específica faz com que uma substância se deposite, enquanto as outras continuam em solução.

A solução é encerrada em uma espécie de caixa, na qual uma das paredes é um catodo (pólo negativo) e outra é um anodo (pólo positivo). Nesse caso, o catodo é uma chapa de cobre e, quando a solução é submetida a uma corrente elétrica, os íons de cobre se depositam na forma sólida sobre a chapa. O processo leva cerca de quatro ou cinco horas e até agora só foi feito em escala laboratorial.

## Aplicação prática

A pesquisa provou que, com a reciclagem, é possível obter cobre com 99% de pureza, a um custo equivalente ao da retirada do cobre da natureza. O processo traz inegáveis benefícios para o ambiente, uma vez que reduz a necessidade de extração do cobre e retém no laboratório metais pesados como o chumbo, cuja disper-



FOTO: CEDIDA POR HUGO M. VEIT

são na natureza é muito nociva.

Como o processo nunca foi aplicado em escala industrial, não é possível estimar suas vantagens econômicas. Segundo Veit, não existe uma legislação específica que obrigue as empresas a encontrar um destino adequado para esse tipo de sucata. Por isso a iniciativa privada não tem interesse em adotar o processo em seus laboratórios.

A pesquisa de doutorado de Veit – orientada pela engenheira Andrea Moura Bernardes, do Departamento de Materiais da UFRGS – foi premiada, na categoria Graduado, na última edição do Prêmio Jovem Cientista, promovido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Para o pesquisador, a premiação, em março passado, foi um grande estímulo para levar seu estudo adiante. Veit já tem em mente um novo projeto: ampliar a pesquisa para a reciclagem do produto inteiro e não só das placas. Seu próximo passo será estudar os telefones celulares.

Placa de circuito impresso: fonte de matéria-prima valiosa

**Jaqueline Bartzén**

Especial para *Ciência Hoje*/PR



GEOLOGIA Painéis instalados em diferentes municípios do Rio de Janeiro contam a história do planeta

## Paisagens decifradas

Quando, em 1912, surgiu a idéia de que os continentes haviam ocupado posições diferentes das atuais no globo terrestre, ela pareceu absurda para muitos cientistas. Hoje, a teoria é plenamente aceita e ficou conhecida como deriva continental. Mais tarde, com os avanços tecnocientíficos, descobriu-se que não só os continentes se movimentavam, mas também o fundo dos oceanos, e essa dinâmica envolve a existência de placas rochosas que cobrem todo o planeta como uma colcha de retalhos. Essa teoria chama-se tectônica de placas. No estado do Rio de Janeiro, formações rochosas que registram essa ‘dança dos continentes’ e outros fenômenos geológicos serviram de inspiração para o projeto Caminhos Geológicos.

Uma placa instalada na pista Claudio Coutinho, no morro da Urca, Rio de Janeiro, contém informações geológicas sobre um dos pontos turísticos mais famosos do país, o Pão de Açúcar

A proposta do projeto é aproximar o público leigo da geologia. Para isso, painéis explicativos são colocados em pontos de interesse geológico, permitindo que o visitante conheça e identifique as mudanças ocorridas na paisagem ao longo de milhões de anos. A iniciativa, coordenada pela geóloga Kátia Mansur, é do Departamento de Recursos Mineiros do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ).

“Roteiros que explicam a formação geológica de determinados locais são comuns em países da Europa e nos Estados Unidos, mas ainda são raros no Brasil. Decidimos então aproveitar a enorme geodiversidade do Rio de Janeiro para fazer algo nesse sentido. Já instalamos 58 painéis em 22 municípios, os últimos em Cam-

pos dos Goytacazes e Atafona, em abril deste ano”, diz Mansur.

A escolha dos pontos onde os painéis são colocados tem como critérios a raridade da formação geológica, o tipo de fenômeno que ela registra, o valor turístico e didático da paisagem e, principalmente, a sua importância para a população local. “O que buscamos é a preservação do patrimônio geológico”, conta a geóloga, dando o exemplo de uma fonte na área urbana de Petrópolis que, por ser muito utilizada para captação de água potável, ganhou uma placa que informa sobre o funcionamento do ciclo hidrológico do planeta.

O conteúdo dos painéis é desenvolvido em conjunto com pesquisadores de diversas universidades e centros de pesquisas e

apresenta a informação científica em uma linguagem simples. A manutenção das placas e sua inclusão nos roteiros turísticos são feitos com a colaboração de outros órgãos do governo, como o Departamento de Estradas de Rodagem e a Secretaria de Turismo, Esporte e Lazer do Rio de Janeiro. Segundo Mansur, muitas prefeituras já procuram o DRM para instalar painéis em suas cidades. A iniciativa tem contado também com apoio de empresas, como a Petrobras e a Shell.

O próximo passo será a criação de um roteiro impresso. “Queremos que uma pessoa que viaje de carro possa ir parando nos pontos de interesse geológico e assim conheça um pouco da história do planeta”, afirma. Por enquanto, a localização e o conteúdo dos painéis podem ser vistos na página do DRM na internet ([www.drm.rj.gov.br](http://www.drm.rj.gov.br)).

### Impulso para os geoparques

O projeto Caminhos Geológicos também deve impulsionar a criação de um geoparque em Nova Iguaçu e outro em Armação de Búzios. A categoria de proteção conhecida como geoparque é uma criação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) e se destina a proteger áreas com atrativos geológicos.

Em Nova Iguaçu, a atração são rochas e estruturas de um antigo conduto vulcânico, testemunho de uma provável atividade vulcânica que ocorreu entre 40 a 90 milhões de anos atrás. No ano passado, essa região, que corresponde à área de abrangência do Parque Municipal de Nova Iguaçu, foi aprovada pela Comissão Brasileira para os Sítios Geológicos e Paleobiológicos, o que representa um primeiro passo para seu reconhecimento como geoparque pela Unesco. Em Búzios, são algumas de suas praias, que possuem ro-

chas formadas quando a África e o Brasil colidiram, há 520 milhões de anos.

Atualmente existe no país apenas um parque desse tipo, o Geopark Araripe, localizado no sul do estado do Ceará e integrante da rede mundial de geoparques. André Herzog, químico e reitor da Universidade Regional do Cariri (Urca), no Ceará, que colabora na administração do parque, explica que um dos critérios mais importantes para a obtenção do título de geoparque é o estabelecimento de uma relação com a comunidade local. “O parque deve servir como uma estratégia para o desenvolvimento sustentável das comunidades ligadas a seu território, criando oportunidades de desenvolvimento econômico, juntamente com a preservação do patrimônio”, enfatiza.

O Geopark Araripe registra a separação da Gondwana – antigo continente formado pelas terras que hoje se encontram no hemisfério Sul – e situa-se na região que foi, provavelmente, um dos últimos pontos de contato entre a América e a África. Ali o visitante é apresentado a evidências geológicas desse continente pré-histórico e a um dos maiores depósitos de fósseis do período Cretáceo (120 a 80 milhões de anos atrás) do mundo. “Nosso registro fóssil está muito preservado e possui enorme densidade e diversidade. Como ele, só em Liaoning, na China”, comemora Herzog.

A iniciativa do Geopark Araripe foi apresentada aos integrantes do projeto Caminhos Geológicos. A idéia é que a troca de experiências estimule a criação de novos geoparques e a divulgação da geologia e da paleontologia brasileiras.

**Mariana Ferraz**  
*Ciência Hoje/RJ*

## MEDICINA

### APROVADOS ESPERMATOZÓIDES RETIRADOS POR CIRURGIA

Bebês nascidos de espermatozóides extraídos cirurgicamente dos testículos – uma técnica de reprodução assistida, usada há mais de 10 anos no Brasil – não apresentam diferenças significativas em relação àqueles gerados das células oriundas do esperma ejaculado. A conclusão é da tese de doutorado da médica Mariângela Badalotti, defendida na Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFCMPA), que comparou os filhos de 260 casais – dos quais 130 pais haviam se submetido à cirurgia – ao longo de 10 anos. “Nunca houve um levantamento desse tipo no país e mesmo internacionalmente os dados são escassos”, conta Badalotti.

O estudo comparou idade gestacional, peso e comprimento médios, gestação de gêmeos e trigêmeos, proporção de sexos e o índice de Apgar, que avalia a condição de saúde no momento do nascimento e cinco minutos depois. Segundo a médica, não houve diferenças significativas em qualquer um deles. “O índice de mulheres que engravidaram – 40% com espermatozóide extraído do testículo e 33% com espermatozóide ejaculado – não é diferente estatisticamente”, explica Badalotti, acrescentando não ter encontrado complicações ou más-formações. “Havia uma suspeita de que os espermatozóides extraídos do testículo, por serem ainda imaturos, poderiam levar a um desenvolvimento uterino diferente, mas nossos dados não confirmam isso”, relata.

A pesquisadora agora vai terminar de acompanhar as crianças que nasceram desses procedimentos para determinar se há diferenças psicológicas e neurológicas entre elas.

**MAPA DE ESPÉCIES AMEAÇADAS • Segundo levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentado em junho, das 105 espécies de répteis, mamíferos e anfíbios ameaçadas de extinção no Brasil, 39 delas têm como hábitat o estado do Rio de Janeiro. Em segundo lugar aparece São Paulo, com 38 espécies em risco.**



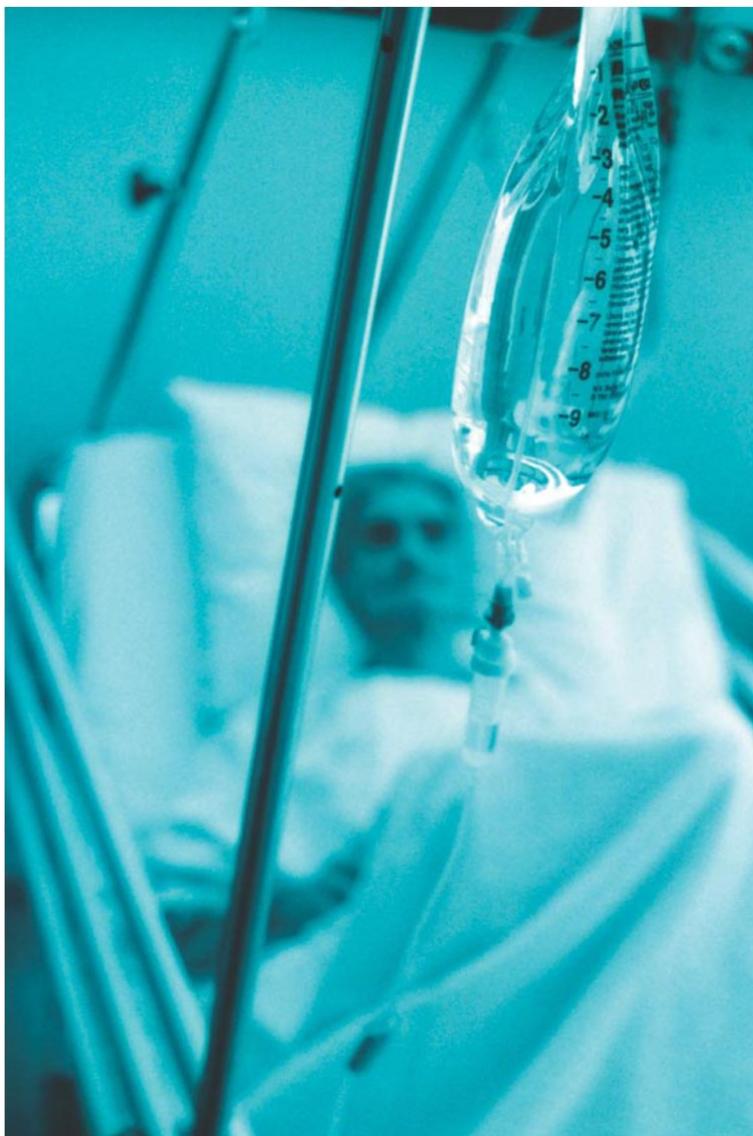
**A caça predatória é uma das causas prováveis desse resultado. Elaborado com base em dados fornecidos pelo Ibama, o mapa do IBGE aponta a mata atlântica como o bioma cuja fauna sofre maior ameaça, em consequência do crescimento urbano.**

# Tocando na ferida

**A** longa permanência de pacientes em leitos de enfermarias e emergências pode provocar feridas, que, se não cuidadas de maneira adequada, são capazes de levar à morte. Além daquelas causadas pela falta de mobilidade, chamadas úlceras por pressão, as lesões cutâneas podem surgir em consequência de acidentes ou doenças degenerativas. Todas são portas de entrada para microrganismos, com riscos de infecção, aumentando o tempo de permanência do internado e os custos hospitalares.

De acordo com dados da Agência para Política e Pesquisa em Cuidados com a Saúde, dos Estados Unidos, 50 milhões de pessoas em todo o mundo são portadoras de úlceras por pressão. O Grupo Nacional para o Estudo e Assistência em Úlceras por Pressão e Feridas Crônicas (GNEAU-PP), instituição criada na Espanha, relaciona o aumento de casos ao envelhecimento da população mundial. A pele do idoso é mais suscetível às úlceras por ser mais seca e fina, portanto menos elástica. A incontinência urinária ou fecal, também comum na terceira idade, é outro fator que pode ocasionar aberturas na pele, predispondo a feridas e infecções.

Entretanto, essas lesões poderiam ser evitadas com simples medidas de prevenção, e, também, com a ajuda da tecnologia já disponível. “São muitos os avanços nessa área nos últimos anos que permitem a prevenção e o tratamento das feridas”, destaca Mara Blanck, coordenadora do curso de Pós-graduação em Enfermagem da Universidade Gama Filho



LAINSTOCK

e presidente da Sociedade Brasileira de Enfermagem em Feridas e Estética (Sobenfee).

As úlceras por pressão, ou de decúbito, desenvolvem-se quando o tecido mole é comprimido entre uma proeminência óssea (como o sacro) e uma superfície externa (como um colchão ou assento de cadeira) por um longo período. A pressão – aplicada com grande

intensidade durante um curto período ou com menos intensidade durante um período mais longo – diminui a irrigação sanguínea para a rede capilar (os pequenos vasos), prejudicando o fluxo de sangue para os tecidos em torno, privando-os de oxigênio e nutrientes.

O tratamento de uma úlcera de decúbito é mais difícil do que a

sua prevenção. Essas feridas oferecem um perigo que costuma ser subestimado: a perda da sensibilidade cutânea em idosos ou diabéticos impede que elas sejam identificadas de imediato. Segundo a enfermeira Celeste Dália, vice-presidente da Sobenfee, esse processo poderia ser evitado apenas mudando, em pequenos intervalos, a posição do paciente no leito. Ela esclarece que alguns decúbitos se tornam desconfortáveis, o que pode ser solucionado por colchões redutores e aliviadores de pressão, que atenuam o impacto do peso do paciente e, com isso, não pressionam a região de apoio.

De acordo com a experiência de Gisele Lobato, enfermeira da Clínica São Vicente (RJ), a prevenção envolve muito menos custos do que o tratamento: “O tratamento requer tecnologia específica como *laser* de baixa potência, câmara hiperbárica ou coberturas (produtos, por exemplo, à base de hidrocolóides, hidropolímeros e alginatos com prata). Já a prevenção consiste em métodos como nutrição adequada, mudança de decúbito ou dispositivos que aliviam a pressão.”

O alto custo dos tratamentos impede que eles estejam disponíveis para a maior parte da população. Além dos *lasers*, que são ferramentas coadjuvantes, outros métodos utilizados são os substitutos biológicos de pele, que formam uma barreira de proteção mecânica contra infecção e podem regenerar a derme, uma vez que proporcionam o crescimento celular e a síntese de colágeno. No entanto, segundo Lobato, o procedimento é raramente aplicado, pois é muito caro se comparado a outros produtos cicatrizantes.

Atualmente há novas técnicas em estudo, como a que usa fatores de crescimento derivados de plaquetas humanas ou de hemácias bovinas e pesquisas com células-tronco, que também serviriam

para construir uma nova pele saudável no local da ferida.

No Brasil, também vêm sendo realizados estudos inovadores no tratamento de lesões. A Universidade Federal Fluminense (UFF) tem um grupo de pesquisa que analisa o processo de cicatrização das feridas. “Há pesquisa científica, o que falta são investimentos na área de saúde”, afirma Blanck, uma das organizadoras do 1º Congresso Brasileiro de Tratamento de Feridas, realizado em maio, no Rio de Janeiro.

Para obter uma real dimensão do problema, já que inexistem estudos epidemiológicos no Brasil, foi firmada uma parceria para um estudo que será realizado no Rio de Janeiro sobre a prevalência de úlceras por pressão. Com duração de um ano, a pesquisa terá participação da Universidade da Ilha da Madeira (Portugal) e do Grupo de Assessoramento de Estudos em Úlceras por Pressão e Feridas Crônicas, da Espanha. Com base no resultado, a Sobenfee poderá interferir com informação e cursos de capacitação para os profissionais de saúde, cuidadores e familiares.

Celeste Dália lembra, entretanto, que, embora imprescindível, a tecnologia não substitui o cuidado. “A atenção dada pelo enfermeiro aumenta a auto-estima do paciente; logo, melhora seu sistema imunológico”, afirma. A cicatrização também depende de condições como o estado emocional e a dieta adotada. Alimentos ricos em proteína (constituição do tecido epitelial e conjuntivo), em vitaminas A, E, K, zinco e carboidratos têm contribuição fundamental na regeneração das lesões. “A tendência é cicatrizar, por isso o tratamento adequado é aquele que não atrapalha esse processo natural”, conclui Blanck.

**Fabíola Bezerra**  
Ciência Hoje/RJ

## ENGENHARIA NAVAL

**MÉTODO PENDULAR OTIMIZA INSTALAÇÃO SUBMARINA**

Um novo método de instalação de equipamentos em águas profundas reduz significativamente o custo e o tempo da exploração de petróleo nessas áreas. Desenvolvido pela Petrobras e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o procedimento, chamado de método pendular, simplifica o posicionamento dos *manifolds* – estruturas de 280 toneladas que reúnem válvulas e sensores e são instaladas no topo dos poços, no fundo do oceano –, reduzindo o tempo de lançamento no mar de 12 horas para cerca de 15 minutos e os custos totais da operação de instalação em 25%. “Atualmente, o processo padrão requer embarcações especializadas que submergem levando o equipamento. Seu custo diário é de aproximadamente US\$ 100 mil por dia”, conta o engenheiro naval Antonio Carlos Fernandes, um dos diretores do Laboratório de Tecnologia Oceânica (LabOceano), da Coppe.

O método pendular consiste, basicamente, em prender uma ponta de um cabo a um navio e a outra ao *manifold*. Este fica preso a outra embarcação, que o libera no momento da instalação. O equipamento então cai em direção ao fundo do mar fazendo um movimento do pêndulo. Como a extensão do cabo é igual à distância até o solo marinho, o *manifold* se deposita sobre o chão oceânico. Embora pareça simples, a consolidação do método pioneiro necessitou de várias simulações numéricas e modelos em escala reduzida que foram testados no tanque oceânico do LabOceano nos últimos dois anos e meio. “Os testes comprovaram a eficiência do método e hoje ele já foi usado para instalar dois *manifolds* no campo de Roncador, na bacia de Campos (RJ)”, conclui Fernandes.

PETROBRAS



No método pendular, o equipamento, preso a um cabo, cai naturalmente até a posição em que será usado

# Tratamento classe A

**A** importância do saneamento básico na qualidade de vida do ser humano é indiscutível. Só que os resíduos metabólicos do homem não se desintegram totalmente com o tratamento de água e esgoto. Sempre fica alguma coisa. Nesse caso, a sobra é o lodo de esgoto, composto de matéria orgânica e minerais. O acúmulo da substância compromete o meio ambiente, atraindo hospedeiros intermediários de agentes causadores de infecções (vetores), disseminando doenças e causando poluição fluvial – já que comumente ele se acumula às margens dos rios onde o esgoto é lançado.

“A reciclagem do lodo é uma alternativa eficaz para resolver

esses problemas”, aponta o engenheiro agrônomo Luiz Lucchesi, do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O processo, já realizado no Brasil e em outros países, consiste em reutilizar o lodo de esgoto, após um processo de limpeza, para fertilizar terras. Assim, o risco de contaminação do solo é menor, e surgem soluções sustentáveis para dois problemas: a poluição dos rios pelos resíduos sólidos e a carência de solos férteis em algumas regiões.

Segundo Lucchesi, como o Brasil não produz minerais suficientes para nutrir seus solos, temos de importar substâncias como o fósforo e o potássio, respectivamente da África e do Canadá. Essa importação seria menor se o país aproveitasse o que a planta e o homem não absorvem (cada organismo apresenta uma taxa específica de assimilação e de excreção). Na excreção, são eliminados nutrientes minerais e microrganismos (bactérias, fungos, vermes...). O lodo

poderia assim ser utilizado, eliminando-se a parte ruim e aproveitando-se a boa, o que diminuiria os custos de importação e despoluiria os rios. O microrganismo vivo representa perigo, mas morto é adubo. A fração ruim do lodo se transforma então em um produto útil.

## Classificação

Existem diferentes níveis de reciclagem de lodos. Desde 1993, a Usepa – sigla em inglês para Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – classificou dois principais tipos de lodo reciclado: classe A e classe B. O primeiro elimina com segurança os fatores de risco para doenças; o segundo, com um nível de higienização menor, não reduz o risco de contaminação a um grau mínimo aceitável. Assim, só pode ser usado após rigoroso cumprimento de práticas de manejo. Entre outras medidas, devem-se respeitar os limites de aplicação (não pode ser usado perto de po-

O milho cresce saudável em área fertilizada com lodo classe A. No detalhe, o lodo após emprego do processo N-Viro



ços, córregos etc.), proibir seu emprego em áreas onde os seres humanos têm contato direto com o solo, e observar um tempo mínimo antes da ocupação da área por animais.

Segundo Lucchesi, essas normas funcionam bem nos Estados Unidos, mas não seriam adequadamente cumpridas no Brasil. Em agosto de 2006, no entanto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente promulgou uma resolução que acata a classificação de lodos e as normas estabelecidas pela Usepa. Lucchesi diz que o documento sofreu modificações e foi adaptado à realidade brasileira.

O agrônomo defende que o Brasil só utilize lodos classe A. Embora o processo de reciclagem desse lodo seja mais caro, ele é mais eficaz e economicamente mais interessante. “A exportação de produtos primários é fundamental para o Brasil – e exportação depende muito de imagem”, lembra Lucchesi. Segundo ele, a rigor não teríamos problema com o uso do lodo classe B se todas as exigências fossem cumpridas. “Mas, como sabemos que isso não funciona, defendo que a questão seja tratada na origem e não deixada para o agricultor resolver. Produzindo só lodo classe A, ganharemos credibilidade no exterior, beneficiando nosso agronegócio.”

O lodo classe A pode ser produzido por compostagem (processo de transformação de materiais grosseiros em matéria orgânica utilizável na agricultura) ou pelo processo denominado N-Viro, adotado nos Estados Unidos, onde o agrônomo o conheceu durante a realização de seu doutorado. Interessado em aplicar o processo no Brasil, obteve autorização para fazê-lo – e o fez, inicialmente com material norte-americano e depois com lodo brasileiro. Após testes bem-sucedidos, firmou um acordo com a Companhia de Saneamento do

## OUTROS FINIS

**O lodo de esgoto desidratado foi usado pelo engenheiro civil Rafael Cunha, da Universidade Luterana do Brasil (Ulbra/RS), para fabricar um tijolo ecológico. Em parceria com a Companhia Rio-grandense de Saneamento, ele conseguiu, após um processo de desidratação, mesclar o lodo com a argila (utilizada para fazer tijolos normais) em uma proporção de 20% do primeiro para 80% da última. “Assim, tiramos menos argila do ambiente e deixamos de jogar lodo nos aterros”, diz Cunha.**

**O tijolo de lodo foi obtido após cozimento da cerâmica ‘híbrida’ em uma olaria de Porto Alegre. Embora ainda faltem testes (como os de lixiviação, compressão e absorção) e ensaios de resistência para comprovar definitivamente a qualidade do novo produto, Cunha está satisfeito com os resultados já alcançados e diz que essa pesquisa lhe rendeu duas conquistas: produzir um tijolo ecológico classificado dentro das normas brasileiras e encontrar uma alternativa para proteger o ambiente.**



Tijolo de lodo desenvolvido no Rio Grande do Sul

FOTO: ALDRIN BOTTEGA

Paraná para adaptar, durante um ano, a estação de tratamento de esgoto Belém para experimentos dessa natureza.

No processo N-Viro, o lodo de esgoto (material pastoso), misturado a alguns ingredientes, passa por uma pasteurização química: é cozido a uma temperatura de 52°C a 62°C por 12 horas e depois resfriado. Como a mistura se torna extremamente básica e libera amônia, os microrganismos não resistem. Com a perda de água, o material se torna seco e granulado, o que facilita seu manuseio e transporte. Após o tratamento, avalia-se a qualidade do produto, o teor de metais, o odor e a presença de vetores e patógenos. O processo só é econômico se empregado em escala industrial.

Além do lodo classe A, existe o chamado EQS (sigla em inglês para lodo de excepcional qualidade), lodo que, além de ser livre de odores, patógenos e vetores, não contém metais pesados. Assim, o EQS é a combinação do processo N-Viro com cuidados precisos em relação a esses metais.

## Solução nacional

Diante da facilidade de manuseio do lodo classe A e do impacto de seu emprego nas exportações, o agricultor é estimulado a transportar o produto até sua propriedade, pagando o frete. Como o agricultor que usa lodo reciclado ajuda a despoluir o meio ambiente, ele merece, na opinião do agrônomo, isenção de parte dos impostos que incidem sobre o faturamento da lavoura.

O governo brasileiro parece sensível à importância de projetos inovadores na área de saneamento. Em janeiro passado o presidente Lula sancionou a Lei do Saneamento, que deverá beneficiar projetos como o que envolve a reciclagem de lodo de esgoto (ver ‘Outros fins’). Investimentos da ordem de bilhões de reais em saneamento, nos próximos 20 anos, vão beneficiar também a gestão de resíduos sólidos.

**André Marques**

Especial para *Ciência Hoje*/PR

## ALTA TAXA DE CONSUMO DE ANABOLIZANTES NO SUL

Dez por cento dos freqüentadores das academias de ginástica de Porto Alegre utilizam hormônios anabolizantes. O dado faz parte de pesquisa desenvolvida pelo Programa de Pós-graduação em Endocrinologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que constatou o uso extensivo de esteróides, substâncias derivadas da testosterona (hormônio masculino), principalmente entre os jovens.

O estudo, coordenado por Mauro Czepielewski e Paulo Rodrigo Pedrosa da Silva, abrangeu 13 academias da capital gaúcha. Três profissionais da área de educação física entrevistaram mais de 300 freqüentadores dessas academias nos horários de maior movimento, utilizando um questionário prospectivo de um projeto de pesquisa aprovado pelo Conselho Nacional de Ética em Pesquisa (Conepe) e pelo Conselho Nacional Antidrogas (Conad), que garantia o sigilo das informações. A equipe identificou o uso de substâncias para aumentar massa muscular, como os esteróides e os suplementos alimentares, além de drogas ilícitas, principalmente

entre indivíduos do sexo masculino. Foi observada inclusive a utilização de hormônios para fins veterinários, destinados a vacas ou cavalos.

Essas substâncias apresentam muitos riscos para a saúde. O seu consumo leva ao aumento progressivo dos glóbulos ver-

melhos, o que dificulta a coagulação sanguínea. A viscosidade maior do sangue contribui para elevar a probabilidade de o usuário ter derrame, de ocorrer obstrução nos vasos sanguíneos do coração e de desenvolver nódulos no fígado, que podem levar à morte. Além disso, as mulheres perdem as características femininas, apresentando diminuição da mama, alteração da voz e irregularidade menstrual, devido ao efeito virilizante dos hormônios masculinos consumidos. Já nos homens nota-se o aumento das mamas, a atrofia dos testículos e queda de cabelo. “Um indício é a quantidade de jovens com calvície do tipo androgênica”, aponta o médico, que também chama a atenção para a agressividade adquirida com o uso de anabolizantes.

Czepielewski fala sobre uma questão ética com que deparou a equipe: “Essas substâncias, consumidas freqüentemente, são ilegais, compradas em mercado negro. Como tínhamos garantido o sigilo das informações obtidas, não podíamos denunciar. Assim, a importância dos achados da pesquisa será um alerta que entregaremos aos comitês locais para que sejam tomadas providências de controle nas vendas.” Para o endocrinologista, cabe ao setor público mais rigidez ao registrar academias, que chegam até a disponibilizar as substâncias, e restringir legalmente a sua comercialização. As academias devem também informar seus clientes sobre os perigos que os anabolizantes oferecem ao organismo.



**CONHECENDO A FAUNA MARINHA • Um aquário de espécies marinhas será construído no píer da Praça Mauá, no Rio de Janeiro. Os visitantes encontrarão ali 400 espécies diferentes, entre peixes, crustáceos, moluscos, estrelas e ouriços do mar e até mamíferos, como os leões marinhos. Quem quiser uma aventura mais ‘radical’ poderá mergulhar em um tanque com raias e tubarões. Para garantir a interatividade, atividades virtuais também estão programadas. As crianças, por exemplo, poderão criar seu próprio peixe virtual e monitorá-lo de casa, através da internet. O AquaRio, como é chamada a iniciativa, contará ainda com um centro de reabilitação de animais marinhos. A inauguração está prevista para o final de 2008.**

Maquetes do AquaRio, a ser construído no píer da Praça Mauá, na cidade do Rio de Janeiro



## SEGURANÇA PRIVADA FORA DE CONTROLE

A falha dos sistemas de segurança privada está no foco das discussões desde que foi editada, em agosto de 2006, uma portaria que propõe maior regulamentação do segmento dos vigilantes privados. Essa portaria, do Departamento da Polícia Federal, reflete a necessidade do controle estatal em relação à prestação de serviço na área da segurança privada, como afirma Cléber Lopes, autor de dissertação de mestrado sobre esse tema desenvolvida no Departamento de Ciência Política da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Dados de 2003 informam que existem no país cerca de 450 mil vigilantes regularizados. Para cada um deles, porém, outros três atuam informalmente, sem capacitação. Segundo a nova portaria, o profissional de vigilância não pode ter antecedentes criminais e deve se submeter a um exame de sanidade mental. Além disso, determina uma formação profissional mínima com 160 horas/aula, sendo que, de dois em dois anos, o vigilante precisa voltar à sala de aula para fazer um curso de reciclagem. Um dos problemas mais graves, em relação à segurança privada, diz respeito ao porte de armas, uma vez que cabe aos contratantes a decisão de armar ou não os seus funcionários. “No Brasil, existe um marco legal permissivo diante das armas de fogo”, diz Lopes.

As medidas de controle tornaram-se necessárias porque os agentes de segurança privada têm poderes que interferem nos direitos dos cidadãos, pois usam a força e a arma para defender a integridade do patrimônio de seus patrões. “No Brasil, esse potencial de ameaça é especialmente preocupante, uma vez que os elevados índices de criminalidade e os frequentes conflitos sociais podem induzir à execução de um policiamento privado abusivo”, analisa.

Para o pesquisador, o que ocorre é uma miopia do poder público diante da situação. Cabe à Polícia Federal ‘vigiar os vigilantes’, mas esse sistema ainda é frágil. Se há dificuldade com os funcionários regulamentados, mais ainda com aqueles que se encontram na informalidade. E essa é a possível causa da onda de criminalidade que se tem visto nesse segmento. “É preciso uma nova legislação sobre o assunto, com a união do Estado e das empresas, que precisam ter maior preocupação com a procedência do candidato a vigilante”, conclui Lopes.

FOTO CEDIADA POR MARCO AURÉLIO N. DE MASI (UNISUL)



Arqueólogo da Unisul escava fóssil à beira da BR 101 em Santa Catarina

### ARQUEOLOGIA

## HISTÓRIA À BEIRA DA ESTRADA

Motoristas e passageiros que trafegam pelos quase 250 km da BR 101 entre Palhoça e Passo de Torres, Santa Catarina, podem conferir uma vista mais que especial: escavações em 13 sítios arqueológicos mapeados no trecho. Em dois meses de trabalho, já foram identificados sete esqueletos de idade estimada entre 2 mil e 5 mil anos. “Devemos encontrar cerca de 50 esqueletos”, presume o arqueólogo Marco Aurélio Nadal De Masi, do Laboratório de Antropologia, Cultura e Arqueologia da Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul), coordenador das escavações.

Os sítios foram descobertos há mais de um ano, durante a duplicação da BR, e são preservados desde então. “Acompanhamos as obras da rodovia para proteger os fósseis e só depois começamos a escavar”, conta De Masi. Segundo ele, os maiores

sambaquis do mundo se encontram na região. Sambaquis são depósitos de conchas, restos de cozinha e de esqueletos amontoados por grupos humanos que viveram no litoral no passado, e o estudo desse material permitirá reconstruções históricas importantes. “Vamos analisar o DNA, a dieta, os rituais e os costumes desse povo.”

Dos esqueletos encontrados, dois já estão sendo analisados. A previsão é de que os trabalhos de escavação terminem no início de 2008. A partir daí uma equipe de pesquisadores e estudantes da Unisul dará início a análises que deverão permitir, inclusive, a datação exata dos fósseis. O trabalho é financiado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Dnit), parceiro da Unisul, e fiscalizado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan).

**CORRUPÇÃO NA EDUCAÇÃO É PROBLEMA MUNDIAL** • A Unesco lançou no início de junho o relatório ‘Escolas corruptas: universidades corruptas – O que pode ser feito?’, em que apresenta graves problemas enfrentados pelos sistemas educacionais no mundo, como falsas chamadas de licitação, desvios de dinheiro, taxas ilegais de matrículas, fraudes acadêmicas, entre outros. O documento é resultado de vários anos de pesquisa em ética e corrupção feita pelo Instituto Internacional de Planejamento Educacional (IIEP) do órgão das Nações Unidas. Os autores do relatório, que avalia a extensão da corrupção nos diversos países pobres e ricos, também fazem recomendações sobre como lidar com o problema e apontam exemplos de locais onde medidas simples foram suficientes para eliminar as práticas corruptas. A íntegra do documento pode ser consultada na internet no endereço da Unesco: <http://www.unesco.org>.



**Sandro Luis Schlindwein**

Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas,  
Universidade Federal de Santa Catarina



## Gregory Bateson e interdisciplinaridade

**Em sua edição de julho de 2006, *Ciência Hoje* deu destaque para a questão da interdisciplinaridade. Nesse número, a pesquisadora Mônica C. Lepri publicou o artigo “Semeando interdisciplinaridade – as ‘idéias-vivas’ de Gregory Bateson”, em referência ao tema da 58ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), realizada em Florianópolis em julho daquele ano: ‘Semeando interdisciplinaridade’. Se aceitarmos que a essência de uma metáfora é permitir que se entenda uma coisa em termos de outra, que noção de interdisciplinaridade teríamos ao adotar uma metáfora que faz alusão ao mundo da agricultura? Será que ela permite compreender adequadamente o que está em jogo em se tratando de interdisciplinaridade?**

O tema da reunião da SBPC e o artigo de Lepri inscrevem-se em uma discussão sobre como superar as ‘patologias’ do saber disciplinar, quase sempre e cada vez mais incapaz de lidar com os grandes problemas de nosso tempo. Segundo a autora, Gregory Bateson (1904-1980) teria aprovado a forma estética da convocação daquele encontro e provavelmente fez a afirmação pelo fato de o pensador inglês se preocupar mais com a falta de conhecimento “sobre a cola que mantém juntos” os elementos do mundo real do que com o que sabemos sobre tais elementos. Desse modo, ela nos remete ao pensamento de Bateson, instigando-nos a refletir sobre a necessária unidade entre os saberes, “para que a unidade e as interações do todo voltem a ser respeitadas como um princípio metodológico”. O que, de certa forma, o tema da 58ª reunião da SBPC também pretendia aludir.

Não sou especialista na obra de Bateson – cujos trabalhos abrangem diferentes domínios do conhecimento, da antropologia à cibernética –, mas tampouco a desconheço completamente. Sua obra é por demais relevante para ser ignorada, sobretudo por quem se interessa por epistemologias não reducionistas. Na singu-

laridade de seu pensamento, Bateson lançava mão de metáforas, para ele “a lógica sobre a qual o mundo biológico tem sido construído, a cola mais característica e organizadora desse mundo de processos mentais”. De acordo com sua filha Mary Catherine, a metáfora era o único meio que Bateson considerava viável para entender a unidade da natureza. Assim, quando diz que sua epistemologia é “biológica” ou dá o título de *Steps to an ecology of mind* [*Degraus para uma ecologia da mente*] a um de seus livros, está usando metáforas inspiradas no mundo biológico; uma metáfora ecológica para falar da natureza das idéias. A propósito, o artigo de Mônica Lepri lança mão desse recurso, já no título, no qual uma metáfora biológica é usada para dizer que as idéias de Bateson estariam “vivas”.

Para o lingüista George Lakoff e o filósofo Mark Johnson, autores do conhecido livro *Metaphors we live by* [*Vivemos em metáforas*], a essência dessa figura de linguagem é permitir que se entenda uma coisa em termos de outra. Assim, o tema da 58ª reunião da SBPC adota uma metáfora para sugerir que a interdisciplinaridade poderia ser semeada. Se aceitarmos que a essência da metáfo-

ra é permitir que se compreenda uma coisa em termos de outra, que noção de interdisciplinaridade alcançaríamos usando essa metáfora ‘agrícola’? Ou então, o que se quer que se entenda a partir dela? Será que ela permite entender apropriadamente o que está em jogo em se tratando de interdisciplinaridade?

A sementeira pressupõe a existência de sementes, e a SBPC, ao propor como tema de sua reunião que se “semeie interdisciplinaridade”, sugere necessariamente que a própria interdisciplinaridade seria ‘semente’. Cabe então indagar a respeito da origem dessa semente. Proviria de frutos de frondosas árvores disciplinares do conhecimento? Viria de todas as árvores ou de algumas apenas (coníferas, por exemplo?) Ou poderia ainda se originar de frutos que resultam do cruzamento entre árvores (disciplinares)? Nesse caso, vale lembrar que sementes híbridas podem ser inférteis. Por tudo isso, se, para Mônica Lepri, Bateson teria aprovado a forma estética do tema da última reunião da SBPC, permito-me o exercício da dúvida perguntando se ele teria aprovado a metáfora usada como tema geral do encontro.

**A**pesar da indiscutível necessidade de se adotarem epistemologias não reducionistas e abordagens interdisciplinares para se lidar adequadamente com situações problemáticas, o próprio Bateson lembrava que, desde a Segunda Guerra Mundial, se tornou moda o engajamento em pesquisas interdisciplinares. Mas o entendimento que Bateson tinha de interdisciplinaridade ia além de seu sentido usual, quase sempre reduzido à junção de duas ou mais disciplinas em determinada investigação (o entendimento da SBPC e da maioria das agências de fomento à pesquisa no Brasil?). Para Bateson, em se tratando de interdisciplinaridade, devemos pensar

## Se interdisciplinaridade se dá na relação, poderia mesmo haver ‘sementes’ de interdisciplinaridade? É conveniente repetir: interdisciplinaridade está nas relações e só por meio delas pode emergir

primeiro nas relações e considerar as coisas ligadas somente por meio de suas relações. Para ele, “as relações devem ser pensadas como algo primário, e as coisas relacionadas como algo secundário”. Em outras palavras, as relações devem ser pensadas antes das coisas. Interdisciplinaridade diria respeito, portanto, às relações e não às coisas relacionadas.

**C**om a metáfora da sementeira – e as sementes que necessariamente implica –, o que se assume como sendo primário: as coisas relacionadas ou as relações? Ainda que a sementeira em si seja um processo, não é isso que importa na metáfora em questão, mas o que está sendo semeado: as sementes de interdisciplinaridade. E semente é produto, coisa relacionada, não uma relação. Se, portanto, interdisciplinaridade se dá na relação, poderia mesmo haver ‘sementes’ de interdisciplinaridade? É conveniente repetir: interdisciplinaridade está nas relações e só por meio delas pode emergir, como a que é possível emergir a partir de conversas – como fazia Bateson nas conferências Macy, realizadas nos Estados Unidos nos anos 1940 e 1950. Nesse sentido, a 58ª Reunião Anual da SBPC poderia ter se constituído em um importante domínio relacional para que conversas interdisciplinares pudessem ter sido orquestradas. Por isso, inter-

disciplinaridade não é semente; é, como possivelmente concordaria Bateson, o que permite ‘colar’.

Vale lembrar ainda que, se uma metáfora pode estruturar determinada atividade cotidiana, como a prática interdisciplinar, por exemplo, ela pode também ocultar aspectos dessa mesma atividade. Assim, a metáfora “semeando interdisciplinaridade” implica necessariamente a existência de um semeador. E, sobre este, a metáfora não diz absolutamente nada. Ou seja, na reunião da SBPC quem seriam os(as) semeadores(as) e sobre que ‘solo’ as sementes seriam lançadas? Do modo como a metáfora foi formulada, há o risco de ela não ser percebida para além de seu significado meramente instrumental, deixando escapar as transformações epistemológicas (bem ao gosto de Bateson) que necessariamente deveria desencadear (para uma prática científica interdisciplinar, por exemplo), contribuindo para reafirmar práticas disciplinares que supostamente se pretende superar.

É, portanto, como prática que a interdisciplinaridade precisa ser entendida. E, como prática, a interdisciplinaridade só pode ser cultivada a partir da promoção das relações que tornam sua emergência possível, razão pela qual, em vez de “semeiar” interdisciplinaridade, o que precisamos mesmo é aprender a cultivá-la. ■

# Dilemas de um naturalista na Amazônia colonial

**Ronald Raminelli**

*Departamento de História, Instituto de Ciências Humanas e Filosofia,  
Universidade Federal Fluminense*

Considerado o maior naturalista luso-brasileiro do período colonial, Alexandre Rodrigues Ferreira (1756-1815) ainda é desconhecido do grande público. Desde o início do século 19, os governantes brasileiros tentam publicar as memórias e os desenhos produzidos durante sua ‘viagem filosófica’, a longa expedição científica que percorreu o norte do Brasil. Uma série de contratemplos impediu, até agora, a divulgação do rico material, disperso em vários arquivos brasileiros e portugueses.

Comandada por Ferreira, essa viagem foi a mais importante expedição científica portuguesa do século 18. Ela percorreu, entre 1783 e 1792, o interior das capitanias do Pará, Rio Negro (parte do atual estado do Amazonas) e Mato Grosso. Ao longo da jornada, o naturalista e sua equipe produziram um rico acervo, composto de diários, mapas populacionais e agrícolas, cerca de 900 desenhos e aquarelas (além de pinturas a óleo de vilas, fachadas de prédios, panoramas de rios e cachoeiras) e dezenas de memórias (artigos) dedicados às plantas, animais e índios.

Os diários, a correspondência e algumas memórias foram publicados somente a partir da segunda metade do século 19, sobretudo na *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*. Uma enorme lista de manuscritos oriundos da viagem também foi publicada, na década de 1870, nos três primeiros volumes dos *Anais da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro*. No entanto, apenas há 30 anos o Conselho Federal de Cultura editou uma parte representativa das pranchas e memórias da expedição. No entanto, ainda há manuscritos e imagens da maior importância que continuam inéditos em arquivos

portugueses e brasileiros. Na Fundação Biblioteca Nacional, no Brasil, e no Arquivo Histórico do Museu Bocage, em Portugal, estão depositados os principais registros textuais e visuais da expedição, um vasto material sobre a Amazônia.

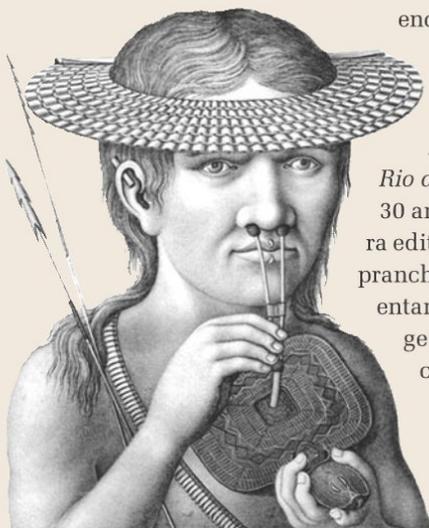
## Do direito à história natural

Nascido em Salvador (BA), filho de comerciantes, Alexandre Rodrigues Ferreira estudava em Portugal desde os 14 anos, e em 1773 ingressou no curso de direito da Universidade de Coimbra. Como no Brasil colonial não havia faculdades, era preciso ir para o exterior para obter o título de bacharel, e só as pessoas de posses tinham condições de sustentar seus filhos em universidades européias. Tornar-se bacharel era a oportunidade de obter postos de prestígio na burocracia da colônia ou da própria administração portuguesa. O curso universitário, portanto, fazia parte de uma estratégia de ascensão social das elites luso-brasileiras.

As escolhas iniciais de Ferreira indicavam que seguiria a carreira de magistrado, forma mais segura e direta de inserção na burocracia como juiz de fora, ouvidor ou até desembargador. No entanto, durante o curso ele interessou-se pela filosofia natural, o que significava o risco de não encontrar cargo na burocracia, ou de exercer funções sem o mesmo prestígio que tinham as dos magistrados. Sua rápida passagem pela Faculdade de Matemática talvez tenha sido uma estratégia para alcançar o prestigioso título de cavaleiro da Ordem de Cristo, pois os melhores alunos seriam agraciados com essa mercê e teriam a preferência para ocupar cargos nos Almoarifados, segundo o estabelecido no Estatuto da Universidade de Coimbra em 1772.

O excelente desempenho no curso da Faculdade de Filosofia, porém, o afastou dos gabinetes, fazendo com que fosse convidado para atuar como naturalis-

Índio do povo Mura cheirando o paricá, pó alucinógeno preparado a partir das sementes de uma árvore amazônica



ta em várias incursões a províncias de Portugal. Ao receber o diploma de doutor em filosofia natural, em 1778, ganhou uma tarefa mais arrojada: a de percorrer os vastos e pouco conhecidos domínios ultramarinos da coroa portuguesa. Ferreira foi o primeiro vassalo português a exercer o posto de naturalista a mando da monarquia lusitana (o trono era ocupado, na época, pela rainha Maria I).

Os naturalistas do século 18 destacavam-se por ser estudiosos dos três reinos da natureza: vegetal, animal e mineral. Para tanto, percorriam vastas áreas com o objetivo, em princípio, de localizar riquezas. Eles descreviam cada espécie de planta ou animal com a finalidade de melhor conhecer suas propriedades e usos. Nesse sentido, atuavam também como os atuais economistas, pois deveriam demonstrar os benefícios que os recursos naturais, quando bem administrados, trariam ao comércio e à agricultura locais. Ao vasculhar as fronteiras do império colonial, eles deveriam ainda zelar pela proteção das áreas remotas, sugerindo ao Estado a construção de vilas e fortificações para afugentar dessas áreas as invasões estrangeiras.

Os naturalistas precisavam registrar, em diários, todas as etapas da viagem. Coletavam plantas, animais e minerais para enviar a Lisboa, onde seriam nomeados, estudados e exibidos no Museu de História Natural e na Universidade de Coimbra. No Museu da Rainha eram expostos espécimes dos três reinos da natureza, das mais diferentes colônias portuguesas. Também existiam nessa coleção artefatos produzidos pelos povos do império colonial: negros de Benguela e Angola, chineses de Macau, indianos de Goa e tapuias americanos. A rainha Maria I exibiu, no museu, provas da grandiosidade e diversidade de seus domínios coloniais.

### As agruras da viagem

A viagem filosófica, iniciada em 1783, foi um empreendimento da maior importância para a monarquia portuguesa. Ela foi planejada pela Secretaria de Estado de Negócios e Domínios Ultramarinos e pelo naturalista italiano Domenico Vandelli (1735-1816), radicado em Portugal desde os anos 1760. Essa expedição, no entanto, enfrentou muitas dificuldades, além das naturais. Em vários momentos, Ferreira reclamou das péssimas condições disponibilizadas pelos governadores das capitânicas percorridas, pois nem sempre tinha à sua disposição barcos, remado-



res e alimentos para prosseguir a viagem. Além da carência de recursos materiais, as febres provocaram muitas baixas na equipe e quase mataram o próprio Ferreira.

O planejamento inicial previa que a viagem filosófica à América seria composta por quatro naturalistas, mas ela acabou resumida a um apenas, além de sofrer drásticos cortes financeiros e materiais. Nessas condições, ficaram sobre os ombros de Ferreira e uns poucos auxiliares as tarefas de coletar espécies, classificá-las e prepará-las para o envio a Lisboa. Eles estudavam ainda o desempenho das lavouras, os percursos de rios, produziam mapas populacionais e agrícolas e verificavam se as vilas e fortalezas de locais estratégicos tinham condições para enfrentar as possíveis invasões estrangeiras. Esses aspectos constituem o corpo dos diários e memórias produzidos ao longo da viagem filosófica.

Ferreira percorreu, durante nove anos, uma vasta região, passando por áreas situadas hoje em seis estados: Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Sua equipe incluía um jardineiro botânico, Agostinho Joaquim do Cabo (que morreu no Brasil, em 1789), e dois riscadores (desenhistas), Joaquim José Codina e José Joaquim Freire (1760-1847). Além da viagem de Ferreira, duas outras expedições foram lançadas aos domínios coloniais lusitanos, também comandadas por bacharéis formados por Coimbra. Manuel Galvão da Silva e Joaquim José da Silva investigaram a natureza nas colônias portuguesas em Goa, Moçambique e Angola, com a mesma intenção de explorar regiões pouco conhecidas, localizar as riquezas da fauna e da flora

Roteiro da viagem filosófica à Amazônia, que durou nove anos e foi patrocinada pela Coroa portuguesa

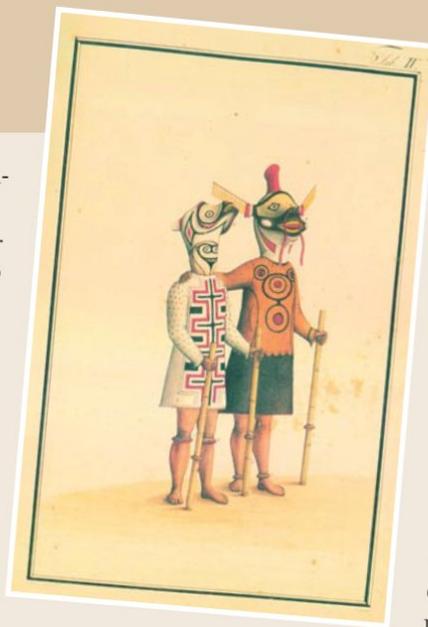
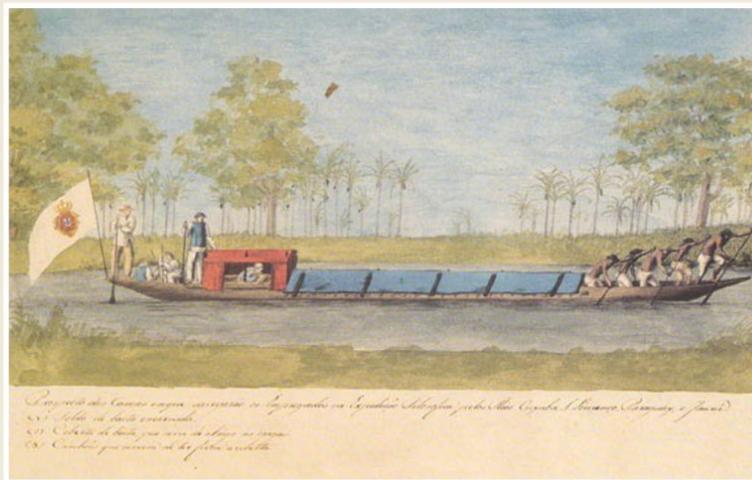
Índios com máscaras, desenhados por Joaquim José Codina, um dos 'riscadores' da expedição de Alexandre Rodrigues Rodrigues Ferreira

e descobrir jazidas de ouro e outros minerais.

Há mais de um século os historiadores divergem em relação ao caráter científico da viagem ao Brasil. Muitos livros dedicados a Alexandre Rodrigues Ferreira primam por elogiar seus feitos, tornando-se, às vezes, obras de exaltação ao naturalista esquecido e abandonado pela sorte. Tais estudos não investigam por que esse empreendimento, tão longo e tão importante, não provocou nenhum impacto sobre as pesquisas e os debates em torno da natureza amazônica. Embora os historiadores tenham preferido não comentar o fracasso científico da expedição, o zoólogo suíço Emílio A. Goeldi (1859-1917), em 1895, quando dirigia o Museu Paraense (que depois teria o seu nome), afirmou que as memórias sobre botânica e zoologia produzidas por Ferreira eram insuficientes, e que teria faltado a ele uma educação científica.

Em resposta às críticas, o parasitologista português Carlos França (1877-1926) escreveu, em 1922, um artigo em defesa de Ferreira, apontando a qualidade científica das memórias e culpando Domenico Vandelli, tratado como "estrangeiro traidor", por inviabilizar o aproveitamento posterior do material coletado. Mais recentes são os estudos de dois historiadores, o português Rómulo de Carvalho (1906-1997) e o norte-americano William J. Simon, que destacaram a importância da coleção deixada por Ferreira (diários, memórias, desenhos, artefatos da cultura indígena, espécimes de vegetais e animais e amostras minerais). Retomando a discussão, o zoólogo brasileiro Paulo E. Vanzolini considerou que a expedição teve, sobretudo, caráter administrativo e estratégico, e visou assegurar a Portugal a posse e a

Os barcos da expedição de Ferreira levavam a bandeira de Portugal e contavam com remadores indígenas



exploração de áreas de fronteiras ainda indefinidas e disputadas por outras nações europeias.

Deve-se destacar que, nem sempre, a viagem filosófica pautou-se nas normas vigentes no século 18 para a coleta e descrição do material, que privilegiavam os aspectos econômicos e administrativos. As memórias de Ferreira sobre plantas e animais destacam, sobretudo, seu caráter utilitarista, e não o científico. O farto material coletado também ficou, por quase um século, praticamente desconhecido, sem ser devidamente estudado

pelos sábios portugueses. Embora tenha, em geral, seguido as determinações da Coroa, Ferreira esboçou, nas pranchas e memórias dedicadas aos tapuias, uma classificação muito original das diferentes etnias da Amazônia. Ele recorreu aos corpos, às deformidades físicas e aos artefatos para identificar os grupos e avaliar sua capacidade de controlar a natureza. Roupas, armas e moradias eram indícios do grau de organização social das comunidades, e a forma de controlar a natureza era indício da evolução técnica dos povos. Essa abordagem era, à época, extremamente inovadora, o que demonstra a inserção do naturalista nos debates em torno da diversidade de raças e costumes.

### A burocracia impede a ciência

Ao final da viagem filosófica, em 1792, o naturalista retornou a Lisboa, onde dedicou o resto da vida à administração metropolitana, sendo nomeado vice-diretor do Real Gabinete de História Natural e do Jardim Botânico e administrador das Reais Quintas da Bemposta, Caxias e Queluz. Com tantos afazeres, ele jamais retornou aos trabalhos com as espécies e amostras que recolheu no Brasil. Suas memórias não foram aperfeiçoadas e publicadas, e grande parte do material foi, mais tarde, levada a Paris como botim de guerra, durante a invasão napoleônica a Portugal.

Durante a expedição, Ferreira observou a natureza e as comunidades indígenas somente como um naturalista de seu tempo, ou seja, como um leal funcionário da Coroa lusitana. A viagem filosófica, portanto, era parte de um empreendimento colonial destinado a descobrir riquezas e aperfeiçoar a agricultura e o comércio em um território ainda em disputa. Embora o naturalista tivesse interesse em produzir um conhecimento inovador sobre a Amazônia, suas múltiplas tarefas na burocracia o impediram de se dedicar exclusivamente à ciência. Desgostoso, entrevado e alcoólatra, Alexandre Rodrigues Ferreira morreu em 1815. ■

# Bisturis virtuais

A união entre computação, física e medicina tem possibilitado a criação de novos métodos e equipamentos em realidade virtual que permitem treinar cirurgões sem a utilização de cobaias e cadáveres. Simuladores de cirurgia também permitem que os médicos planejem os procedimentos cirúrgicos e ‘testem’ sua execução antes que os pacientes estejam na mesa de operação. Por **Ivan F. Costa**, do *Curso de Ciências Naturais da Universidade de Brasília*.

O ambiente era tenso. Participávamos, eu e mais 10 alunos de medicina, de uma aula prática de cirurgia cardíaca. Todos os presentes, desde o professor médico-cirurgião aos assistentes e estudantes, estavam cansados, mas a operação parecia correr bem, com o paciente em condição estável, tendo seu pulso constantemente monitorado pelo *bip* do controlador de funções (ouvido a cada batida do coração do rapaz). Passados alguns minutos, o professor solicitou um voluntário para terminar a cirurgia. Eu me ofereci, entusiasmado com a chance de ‘pôr a mão na massa’. Estava tudo sob controle, mas em um momento de distração, devido ao cansaço, rompi a veia cava do jovem, provocando um jorro de sangue.

Imediatamente o alarme do controlador de funções disparou e o *bip* do paciente ficou instável. Com isso, o cansaço e a letargia que pouco antes atingiam os alunos desapareceram por completo da sala de cirurgia. A situação era crítica. Estávamos perden-

do o rapaz para a hemorragia. O pulso dele caía rapidamente, e o sangue que espirrava atrapalhava a visão. Senti um gosto amargo na boca: o gosto da frustração, da culpa. O professor reassumiu o comando, mas não havia mais nada a

fazer. O *bip* se transformou em um apito constante. O paciente morreu. Um silêncio pesado tomou conta da sala. Ninguém ousava falar nada. Olhávamos para o chão, exauridos e deprimidos, até que o professor levantou-se da cadeira e disse, com voz grave: ainda bem que estamos no simulador de cirurgia, não é, turma?

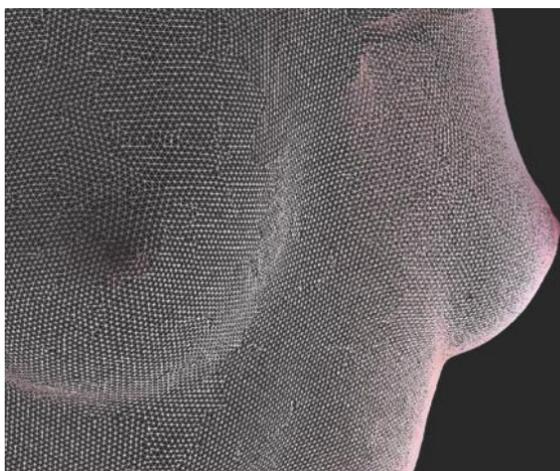
## Operações virtuais

Os simuladores de cirurgia começam a deixar o campo da ficção. Esses programas usam realidade virtual, reúnem informações detalhadas sobre a anatomia do paciente, os procedimentos cirúrgicos e os equipamentos e instrumentos utilizados em operações e permitem reproduzir intervenções efetuadas hoje nos hospitais, planejar e testar novas técnicas e treinar estudantes e profissionais do setor. Aos poucos, vêm saindo dos laboratórios de computação e automação e ganhando espaço nas faculdades de medicina e mesmo em algumas clínicas e hospitais. Em breve, o treinamento e a reciclagem através de simuladores virtuais serão obrigatórios para cirurgões, como já ocorre há muitos anos com pilotos de aviões e astronautas.

O uso de interfaces com retorno de força (acima) dão ao usuário a sensação de tocar em objetos virtuais. Esse equipamento, combinado com programas computacionais que simulam diferentes partes do corpo, como a mama (ao lado), permite realizar operações virtuais



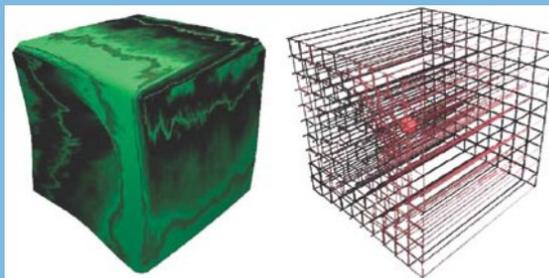
FOTO DE IVAN F. COSTA



## REALISMO E RAPIDEZ

O desempenho gráfico (vídeo) e tátil (interfaces) dos sistemas computacionais comerciais já permite imagens e interatividade em três dimensões, como nos filmes e jogos de animação. Na simulação de procedimentos médicos, porém, a tecnologia atual ainda enfrenta problemas, como o de obter realismo na manipulação dos órgãos biológicos deformáveis. Informações sobre simuladores podem ser obtidas (em inglês), em páginas da internet, como <http://www.haptica.com/>, <http://www.simbionix.com/> e <http://www.surgical-science.com>.

Simular objetos deformáveis exige modelos computacionais que resolvam milhares



Cubo e seus elementos longos deformados pela esfera (vermelha) controlada pela interface do programa de simulação

de equações por segundo. Quanto maior o número de equações, mais real e mais lenta é a simulação. Métodos rápidos são geralmente baseados apenas em algoritmos matemáticos e não levam em consideração as leis da física. Em consequência, não apresentam realismo. Já os modelos realistas existentes hoje, como alguns empregados em engenharia,

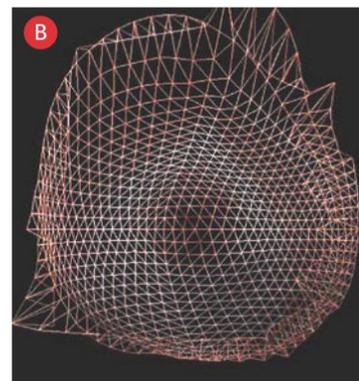
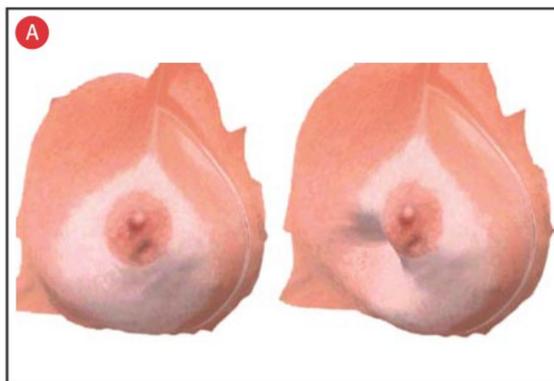
não geram resultados instantâneos, o que impede seu uso em realidade virtual. Muitos grupos de pesquisa tentam resolver esse problema. Com esse intuito, nossa equipe propôs o novo 'método dos elementos longos' (Long Element Method, ou LEM, já com patente requerida). Esse método simula objetos deformáveis em realidade virtual, pois se mostra eficaz na modelagem de deformações

A meta dos pesquisadores dessa área é criar um ambiente virtual de suporte para treinamento médico pela visão e sensação de procedimentos cirúrgicos. Para tanto, as deformações dos órgãos (decorrentes de toques ou cortes, por exemplo) mostrados pelo computador devem ser as mais próximas da realidade de uma cirurgia, e o usuário deve ser capaz de manipular e ter um entendimento tridimensional desse cenário.

Para atingir essa meta, vêm sendo desenvolvidos novos métodos que permitem calcular instantaneamente e com precisão as deformações e as forças verificadas em um objeto ao ser tocado. Além dis-

so, estão sendo testados equipamentos periféricos e interfaces computacionais que permitam ao usuário mover instrumentos virtuais no espaço tridimensional e tocar objetos da cena. Esses periféricos utilizam projeção de imagens por técnicas semelhantes às existentes no cinema em três dimensões (3D), além de interfaces com retorno de força (um tipo de *mouse* tridimensional que permite interação pelo tato com os objetos virtuais). Manipular esse tipo de interface pode dar ao usuário, por exemplo, a sensação de estar segurando um bisturi que toca o órgão que está sendo mostrado pelo computador.

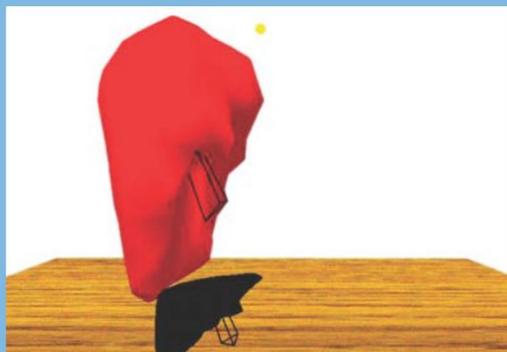
Simulação da mama de uma paciente antes e depois de ser tocada pelo cirurgião (A), e superfície tridimensional composta de polígonos que simula a mama de uma paciente (B)



IMAGENS DE REMIS PALANIUK

em tempo real e com realismo físico. O método consiste em dividir o objeto em elementos longos, situados de um lado a outro de sua superfície. Dessa forma, o número de equações que precisa ser resolvido é proporcional à área da superfície do objeto, e não ao seu volume, como nos métodos tradicionais.

Para cada elemento longo escrevemos uma equação de equilíbrio para variáveis globais (por exemplo, pressão e densidade) em vez de variáveis pontuais (como força e massa). A aplicação do princípio de Pascal (a pressão é transmitida igualmente em um fluido confinado) e da conservação do volume (do objeto ou órgão simulado) permite a solução



Simulação de fígado suspenso (em vermelho) e deformado por 'bisturi' virtual (à direita, no centro do órgão)

do sistema de equações e torna possível uma simulação real do ponto de vista físico e rápida (em tempo real) do ponto de vista computacional. A deformação global é calculada com precisão, levando em conta fenômenos importantes e de difícil simulação, como o movimento de todas as partes do sólido

devido à preservação do volume e os efeitos da gravidade. Esse método foi concebido para tecidos deformáveis com líquidos em seu interior. Assim, é particularmente interessante para a simulação de procedimentos cirúrgicos, no treinamento médico.

Esse tipo de treinamento tem muitas vantagens. Tanto os animais vivos (porcos e cachorros) quanto os cadáveres humanos usados no treinamento de cirurgião são de difícil obtenção e alto custo de armazenagem. Além disso, sua utilização envolve diversos problemas éticos (ver 'Experimentação com animais', em *CH* nº 231). A simulação, portanto, pode ser usada como um método eficiente, seguro e de baixo custo no treinamento do médico-cirurgião, pois, em princípio, ter uma sala com um computador acoplado a uma interface com retorno de força é muito mais simples do que manter um biotério (viveiro de cobaias). Além disso, o simulador permitirá experiências com um número maior de doenças e complicações, o que facilita a repetição dos procedimentos de treinamento.

As aplicações do simulador não se restringem só ao treinamento e reciclagem de médicos. Os programas de realidade virtual também são importantes para pesquisas de planejamento cirúrgico, pois possibilitam que o médico analise cuidadosamente os procedimentos antes de uma cirurgia difícil, além de auxiliar no desenvolvimento e na avaliação de novas técnicas. O sistema também pode facilitar a comunicação entre médicos e entre estes e os pacientes.

### Um novo método

Existem alguns grupos de pesquisa no mundo desenvolvendo simuladores para uma variedade de habilidades médicas e com diferentes técnicas de simulação. No Brasil, nosso grupo, em colaboração com a Universidade Stanford (Estados Unidos), vem projetando um método em realidade virtual que permite mostrar as deformações de órgãos humanos quando tocados, além de permitir que o 'cirurgião' sinta a força de reação desses órgãos de modo instantâneo (ver 'Realismo e rapidez'). Esse novo método já teve sua patente requerida e será empregado em um protótipo de simulador para cirurgia de aumento da mama, ou seja, de colocação de prótese de silicone no seio.

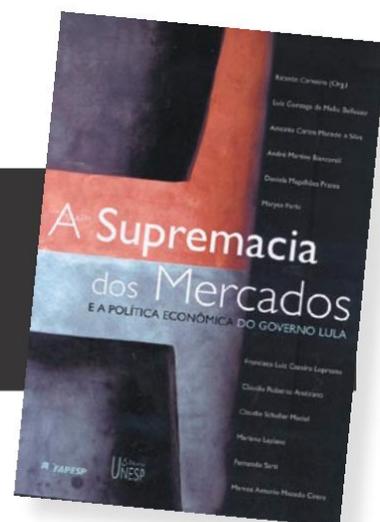
Escolhemos essa especialidade por ser uma cirurgia bastante comum no Brasil e por permitir aperfeiçoamentos no treinamento dos médicos, além de tornar mais ágil o processo de tomada de decisão por parte do cirurgião e do paciente. Com o simulador, o médico pode planejar o procedimento cirúrgico e saber que próteses deverão ser utilizadas, considerando particularidades como forma, tamanho e elasticidade do seio da paciente. Acreditamos que dentro de aproximadamente um ano nosso simulador já estará em testes em clínicas de cirurgia plástica. ■

# Os economistas críticos saem da toca

## A supremacia dos mercados e a política econômica do governo Lula

Ricardo Carneiro (org.)

São Paulo, Fapesp/ed. Unesp, 348 p., R\$ 68



Qualquer professor de economia brasileira ou de história econômica conhece a dificuldade de falar sobre o momento atual. Os problemas situam-se tanto no entendimento do que está ocorrendo (a análise da conjuntura é sempre uma obra aberta) quanto nas leituras a serem recomendadas aos alunos. A razão para essa imensa dificuldade em abordar o contemporâneo é óbvia: a gama de assuntos é tamanha que ultrapassa o tempo disponível de qualquer pesquisador.

A solução são as obras coletivas, que, por sua vez, apresentam um sério problema de coordenação. Não é fácil conseguir que meia dúzia de pesquisadores, todos extremamente ocupados e com horários díspares, acertem entre si ou mesmo aceitem uma dada estrutura de capítulo e um cronograma de entrega. Na maioria das vezes, quando o material chega, já está defasado; acrescentando-se o tempo para o trabalho editorial e gráfico, os livros chegam às prateleiras envelhecidos. Somado o período necessário a serem descobertos pelos docentes e adotados, já chegam aos alunos, na melhor das hipóteses, meio caducos.

Esta coletânea, organizada por Ricardo Carneiro, compreende 10

capítulos escritos por professores e pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e enfrenta com competência esse desafio. O livro é tão atualizado quanto o possível, e aborda uma gama suficientemente ampla de assuntos, constituindo-se na mais importante obra de referência para a avaliação da política econômica do primeiro governo Lula.

A *supremacia dos mercados* começa traçando um amplo painel do cenário internacional, tendo como pano de fundo as grandes mudanças da década de 1980: a liberalização financeira/cambial e a mudança do padrão de concorrência intercapitalista. Ambas resultaram na criação de um movimento cíclico no comércio internacional e no investimento externo direto, o que afeta tanto a liquidez quanto o crescimento econômico em escala global.

É dentro desses limites que atuam as políticas econômicas nacionais, divididas em dois grandes grupos. De um lado estão as políticas de estabilização, que buscam manter baixa a taxa de inflação, usando diferentes instrumentos de gestão monetária, fiscal e cambial. De outro estão as políticas voltadas para a promoção do crescimento econômico, que, de acordo com a convenção em vigor, es-

tão centradas nos estímulos ao investimento por meio de políticas de regulação dos mercados e da menor ou maior participação do Estado na economia.

Da forma como esse processo foi adotado no Brasil e na maior parte dos países latino-americanos, as políticas econômicas devem prover a estabilidade de preços (indispensável para que os empresários possam planejar investimentos de longo prazo e o sistema financeiro doméstico se desenvolva), abrir a economia (para que os produtores locais estejam sempre forçados a aumentar a competitividade) e dar espaço ao investimento privado, via privatizações e estímulo à entrada de investimento direto estrangeiro.

Segundo essa doutrina, quem dita o rumo da economia é o mercado, ficando o Estado proibido de atuar de forma discricionária, regulando os fluxos de capitais, direcionando os investimentos externos, escolhendo os setores prioritários, enfim, selecionando prioridades relativas a setores, grupos e processos.

Seguindo essa rota, durante o período 1991-1998 foi desmontado quase todo o aparato institucional da fase desenvolvimen-

tista. Desde então estamos em uma etapa de implementação de reformas relativamente lentas visando à liberalização da economia, em um processo que ainda não está perfeitamente explicitado. Sabemos apenas que o objetivo é aprofundar a integração à economia internacional por meio de políticas de mercado amigáveis, em que os preços possam flutuar livremente e sirvam como sinalizadores para o fluxo de capitais privados. Supõe-se que desse modo será possível a médio prazo elevar a produtividade e reduzir as taxas de juros, colocando o país em um caminho ótimo para o crescimento. Eventual entrada de capitais desnacionalizando empresas e outros ativos é considerada – pelos tomadores de decisão, não pelos autores desta obra essencialmente crítica – como um aspecto importante do processo.

A coletânea mostra com competência que esse é um raciocínio eminentemente viciado e que existe uma lógica mais complexa em todo esse processo, que nos conduziu a um crescimento econômico bem mais lento do que o de países similares ao nosso – China, Índia e Rússia – e que existem alternativas de política econômica capazes de nos colocar em uma rota mais profícua. Este é o mérito maior do livro, que nos permite examinar as possibilidades de políticas econômicas alternativas àquelas praticadas no governo Lula. Falta-nos aqui espaço para sintetizar essas possibilidades, mas podemos terminar esta resenha sugerindo a leitura atenta da referida obra.

Mas não se engane o leitor: este é um livro para pessoas que tenham uma formação básica em teoria econômica convencional.

**Fabio Sá Earp**

*Instituto de Economia,  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro*

**Sexualidade e deficiências**

**Ana Cláudia Bortolozzi Maia**

*São Paulo, editora Unesp, 291 p., R\$ 45*

São muitos os preconceitos que envolvem a sexualidade, especialmente quando se trata de pessoas com deficiência. A autora discute as idéias distorcidas de supostas limitações ou exacerbações das manifestações sexuais nesses indivíduos. Especialista em educação especial e sexualidade humana, ela acredita que as diferenças entre a sexualidade do deficiente e do não-deficiente podem estar mais associadas ao tipo de educação sexual que tiveram do que às potencialidades de desenvolvimento dessa sexualidade, que, em tese, pode ser plena. O reconhecimento da sexualidade da pessoa com deficiência como um direito, segundo ela, é um caminho necessário para construir uma sociedade realmente inclusiva.



**Doença de Chagas e evolução**

**Antonio Teixeira**

*Brasília, editora UnB, 310 p., R\$ 48*

A doença de Chagas é a moléstia endêmica mais letal do Ocidente. Um terço dos seus portadores são brasileiros. Estima-se que, atualmente, a doença cause 100 mil mortes por ano e que 18 milhões de pessoas estejam infectadas pelo *Trypanosoma cruzi*, agente patogênico transmitido pelo inseto conhecido como barbeiro. Desde que foi descoberto e descrito pelo sanitarista Carlos Chagas, no início do século 20, o parasito foi apresentando mais riscos de transmissão, uma vez que hoje pode contaminar 1.150 espécies de mamíferos. Esses dados são analisados neste livro, que sintetiza 40 anos de estudo de Teixeira e sua equipe, da Universidade de Brasília. O médico e parasitólogo é autor da hipótese recentemente confirmada de que a doença é auto-imune (ver ‘Na caça do DNA invasor’ em CH nº 212). A obra abrange desde a origem da vida das espécies envolvidas, a descrição de como o *T. cruzi* é transmitido e se hospeda, até as novas formas de tratamento da doença de Chagas. É ainda avaliado o impacto ecológico e social nas áreas de maior contaminação.

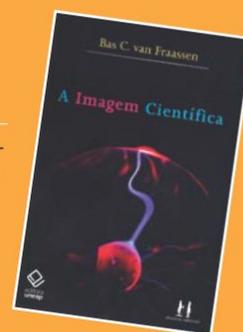


**A imagem científica**

**Bas van Fraassen**

*São Paulo, editora Unesp, 374 p., R\$ 39*

A filosofia da ciência baseou-se durante muito tempo no positivismo lógico e no realismo científico. Nesse livro, o professor de filosofia da Universidade de Princeton propõe uma alternativa empirista a esses dois pólos: o empirismo construtivo. Como base para seu ponto de vista, ele apresenta três teses. A primeira aborda a relação entre a ciência e o mundo empírico; a segunda é uma teoria da explicação científica, radicalmente dependente de contextos; e a terceira é uma interpretação da probabilidade tal como ela aparece nas teorias da física (tanto a física clássica quanto a física quântica). De acordo com o autor, “a atividade científica é uma atividade em construção, em vez de descobertas: construção de modelos que devem ser adequados aos fenômenos, e não descoberta da verdade sobre o que é inobservável”. Considerado um texto fundamental da filosofia da ciência contemporânea, o livro foi originalmente publicado em 1980, mas só agora está sendo lançado no Brasil.



HÁ 50 ANOS O PRIMEIRO SATÉLITE ARTIFICIAL, O SPUTNIK I, SUBIA AO ESPAÇO

# O início da era espacial

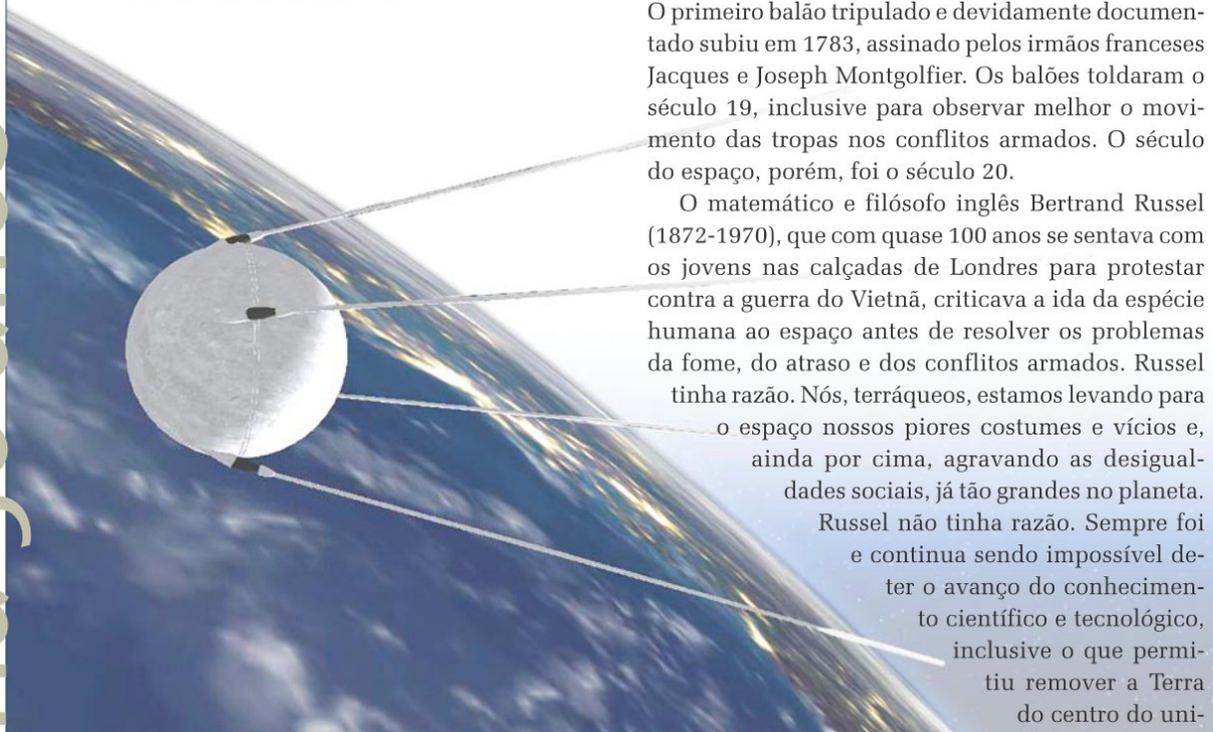
O século 20 se notabilizou, entre outros feitos, pelo início da conquista do espaço. Do espaço aéreo, em sua primeira metade, com o surgimento dos primeiros aparelhos mais pesados que o ar voando por meios próprios, como o pioneiro 14-Bis de Alberto Santos Dumont (1873-1932), em 1906; e do espaço exterior, na segunda metade, com o Sputnik I, lançado pelo foguete R-7 (Semioroka), da ex-União Soviética, no dia 4 de outubro de 1957. Com essa façanha, entrávamos definitivamente na era espacial.

“Sai do chão!”, gritam cantores e cantoras, do alto dos trios elétricos, à frenética multidão nas ruas saltitantes dos carnavais da Bahia. Sair do chão é um velho sonho da espécie humana. O russo Konstantin Tsiolkovski (1857-1935), pai da astronáutica, dizia que a Terra é o berço da humanidade, mas que nenhuma espécie permanece eternamente no berço. Os humanos logo perceberam que o céu é a terra dos deuses, a fonte da luz e da água. E quiseram voar.

Ícaro, na mitologia grega, só não voou como os pássaros porque a cera que segurava suas asas artificiais se derreteu, um erro tecnológico fatal. Um imperador chinês amarrou todos os fogos de artifício possíveis a um trono especial e acendeu-os com a esperança de chegar às alturas; morreu carbonizado, mas feliz, dizem. O escritor francês Julio Verne (1828-1905) imaginou um canhão gigantesco para arremessar até a Lua uma cápsula com gente dentro, mas era pura ficção. No início do século 18, o padre jesuíta português Bartolomeu de Gusmão (1685-1724) teria inventado o balão e até se exibido para a família real em Lisboa; ganhou o apelido de “padre voador”, mas, fora isso, não há provas materiais de suas proezas. O primeiro balão tripulado e devidamente documentado subiu em 1783, assinado pelos irmãos franceses Jacques e Joseph Montgolfier. Os balões toldaram o século 19, inclusive para observar melhor o movimento das tropas nos conflitos armados. O século do espaço, porém, foi o século 20.

O matemático e filósofo inglês Bertrand Russel (1872-1970), que com quase 100 anos se sentava com os jovens nas calçadas de Londres para protestar contra a guerra do Vietnã, criticava a ida da espécie humana ao espaço antes de resolver os problemas da fome, do atraso e dos conflitos armados. Russel tinha razão. Nós, terráqueos, estamos levando para o espaço nossos piores costumes e vícios e, ainda por cima, agravando as desigualdades sociais, já tão grandes no planeta. Russel não tinha razão. Sempre foi e continua sendo impossível deter o avanço do conhecimento científico e tecnológico, inclusive o que permitiu remover a Terra do centro do uni-

Há 50 anos



IMAGENS NASA

verso ou realizar vôos espaciais, não importando as condições políticas e econômicas reinantes.

Ocorre que são inúteis as tentativas de atribuir inocência ou imparcialidade à tecnologia e, não raro, também à ciência. Os novos conhecimentos podem ser construtivos ou destrutivos. Depende de como são utilizados e a que interesses servem. Olhe bem a era espacial. Ela surge entre a cruz e a caldeirinha. Os primeiros foguetes da história, o V1 e o V2 da Alemanha nazista – que bem poderiam ter lançado satélites artificiais de utilidade pública como os milhares que vieram depois –, despejaram 4 mil bombas sobre o Reino Unido e a Bélgica, destruindo prédios públicos e residências, matando milhares de inocentes. Foram os primeiros mísseis balísticos.

O Sputnik I, primeiro satélite artificial feito pela mão humana, pareceu abrir a era espacial com um ar pacífico. Na realidade, porém, ele não tinha a importância estratégica do foguete R2 que o colocara em órbita. Embora dominasse as manchetes esperançosas naqueles inesquecíveis dias de outubro de 1957, não passava de modesta esfera de alumínio, com 86,3 kg de peso, 58 cm de diâmetro, um par de longas antenas e dois transmissores de rádio de 1 W, emitindo um bip-bip-bip até meio enfadonho mas absolutamente inofensivo.

Esse som tirou o sono dos Estados Unidos, a maior potência de então. Não tanto pelo próprio Sputnik, mas pelo principal personagem do episódio, o poderoso R2, que, atrás da generosa capa de veículo lançador de satélite, era na verdade o primeiro míssil balístico intercontinental da história. E anunciava, com pompa e circunstância, que, a partir daquele momento, o território norte-americano, pela primeira vez, se tornara vulnerável, podendo ser atingido por bombas nucleares soviéticas.

## Guerra fria

A era espacial começa com um susto e uma paranóia. O Ano Geofísico Internacional (1957-58), primeiro programa global de cooperação científica para estudar o planeta, já previra o lançamento de satélites artificiais. Mas quem poderia imaginar que a glória do lançamento de estréia fosse arrebatada pela União Soviética, o 'eixo do mal' de então, país de camponeses famintos devastado pela Segunda Guerra Mundial e visto como científica e tecnologicamente atrasado? A surpresa causou pânico nos Estados Unidos. "Os russos estão chegando!", deliravam os mais assustados. A maior potência da época, terra das primeiras bombas atômicas, líder absoluta dos grandes avanços da ciência e tecnologia, dava como líquido e certo que lhe caberia a suprema honra de descortinar a nova era. Ledo engano.

O mundo vivia o terror da guerra fria, confronto entre regimes político-econômicos excludentes,



Yuri Gagarin, o primeiro ser humano a visitar o espaço e Serguei Korolev, o cérebro do programa espacial soviético

comandados por Washington e Moscou. Eles se armaravam para um conflito de extermínio. Nesse pano de fundo, a luta pelo espaço exterior servia de sedutora cortina, a esconder ou despistar a corrida que ambos travavam por armas mais letais, mísseis balísticos intercontinentais e satélites de espionagem. Note-se que o primeiro projeto de satélite de reconhecimento militar, o Corona norte-americano, surgiu em 1956, bem antes do vôo inaugural do Sputnik I.

Criatura da guerra fria, a era espacial nasce com forte personalidade militar em seus alvos e projetos essenciais. E com complicados desafios propagandísticos, para se apresentar com face humana e pacífica diante de uma opinião pública mundial perplexa. Isso levava a certa esquizofrenia. De um lado, o segredo mais secreto e o monopólio mais cerrado de todo e qualquer conhecimento tecnológico no setor. De outro, os acenos e projetos benfazejos de cooperação, que, no entanto, nem de longe, atingiam o cerne das atividades espaciais, até as mais pacíficas. Transferência de tecnologia, nem pensar! Que o digam França e China, que tiveram de reinventar a roda espacial nos anos 60, ante a recusa de apoio de seus respectivos pares ideológicos, Estados Unidos e União Soviética.

Washington esqueceu os crimes de guerra cometidos pelo engenheiro militar alemão Wernher von Braun (1912-1977), responsável pelos ferozes V1 e V2, para tê-lo em seu programa espacial. Moscou só revelou o cabeça de seus triunfos espaciais, Serguei Korolev (1907-1966), após sua morte inesperada. Cosmonautas e astronautas eram todos oficiais das Forças Armadas.

Os primeiros homens a orbitar a Terra foram os russos Iuri Gagarin (1934-1968) e German Titov (1935-2000), respectivamente em abril e agosto de 1961. A primeira mulher, a russa Valentina Tereshkova (1937-), em junho de 1963. Os norte-americanos, com o Projeto Apollo (1961-1972), foram os primeiros a desembarcar na Lua, em julho de 1969.

O astronauta norte-americano Edwin Aldrin, o primeiro a pisar em solo lunar. Os Estados Unidos chegaram à Lua em 1962 e a abandonaram em 1972

Os primeiros a pisar em solo lunar foram Neil Armstrong e Edwin Aldrin (ambos nascidos em 1930), seguidos de mais 10 astronautas, em seis outras missões. Ao vencer a União Soviética na disputa para ver quem chegava primeiro à Lua, o Projeto Apollo foi encerrado após a missão Apollo 17, em 1972, por decisão do presidente Richard Nixon (1913-1994).

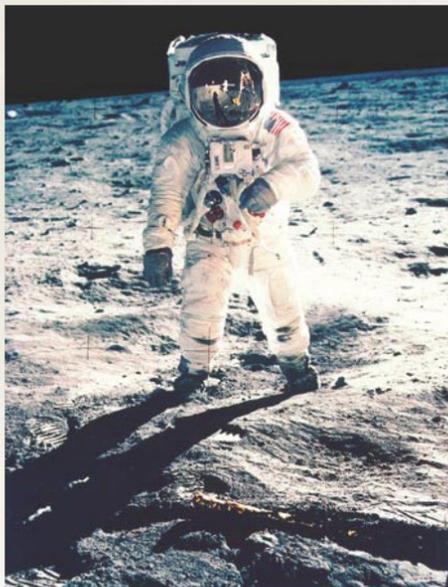
O Projeto Apollo era um saco sem fundo. Nunca se gastou tanto e de forma tão descontrolada como nessa corrida desvairada por prestígio e demonstração de poder. Os ganhos científicos foram irrisórios diante das muitas dezenas de bilhões de dólares despendidas. Conhecer mais profundamente a Lua, sua história e suas implicações eram, claramente, objetivos secundários.

### Risco de um espaço armado

As atividades espaciais mudaram muito nestes 50 anos. Elas se tornaram imprescindíveis à vida moderna, prestando serviços de primeira necessidade: telecomunicações, observação da Terra, meteorologia, navegação, cartografia, prevenção e mitigação de desastres naturais, e em várias outras áreas essenciais. Sem falar nos notáveis avanços na pesquisa do sistema solar, do nascimento e morte dos planetas, e do que existe nas profundezas do universo.

Mas as atividades espaciais militares seguem dominantes nos Estados Unidos e em outros países. Os 50 anos da era espacial comemoram-se sob a perspectiva de instalação de armas no espaço (embora as de destruição em massa estejam vetadas pelo Tratado do Espaço de 1967) e, portanto, de sua transformação em teatro de guerra. Ao contrário do solo terrestre, dos mares e dos espaços aéreos, o espaço exterior jamais foi palco de um ato de agressão neste meio século. Agora poderá ser. Já se esboça uma corrida nesse sentido. O bem-sucedido teste chinês de 11 de janeiro deste ano, que destruiu um velho satélite nacional, comprova o desenvolvimento de armas anti-satélite, e não apenas na China. O governo dos Estados Unidos dá hoje prioridade à criação das condições ideais para atender a um conflito bélico no espaço. Os comandos espaciais equipam-se e preparam-se com o maior empenho. Vultosos negócios são realizados justamente nesse setor.

Enquanto isso, na Conferência de Desarmamento, em Genebra, a discussão de um tratado para impedir a colocação de qualquer arma no espaço é



há vários anos bloqueada pela delegação norte-americana. As diretrizes da nova política estratégica espacial dos Estados Unidos, publicadas em setembro de 2006, orientam o secretário da defesa daquele país a “desenvolver capacidades, planos e opções que garantam a liberdade de ação no espaço e, se assim for ordenado, negar essa mesma liberdade de ação aos adversários”. Isso poderá servir de ‘base legal’ interna para uma ação militar no espaço tão unilateral

quanto o foi a invasão do Iraque.

O Tratado do Espaço de 1967, que completa quatro décadas este ano, é a carta magna das atividades espaciais, aprovada em plena guerra fria sob os mais vigorosos anseios de paz e cooperação da opinião pública mundial. Não por acaso seu artigo I adota a “Cláusula do bem comum”, assim formulado: “A exploração e o uso do espaço cósmico, inclusive da Lua e demais corpos celestes, deverão ter em mira o bem e interesse de todos os países, qualquer que seja o estágio de seu desenvolvimento econômico e científico, e são incumbência de toda a humanidade.”

Parece óbvio que a instalação de armas no espaço e o perigo de conflitos nesse meio, capazes de eliminar satélites necessários à vida normal na Terra e de aumentar brutalmente a quantidade do lixo espacial em importantes órbitas terrestres, estão longe de atender ao bem e ao interesse de todos os países. Ainda assim, como a própria Assembléia Geral das Nações Unidas reconhece em resolução de janeiro último, o atual regime jurídico aplicável ao espaço “não garante por si a prevenção da corrida armamentista no espaço exterior”, sendo por isso necessário “consolidar e reforçar esse regime e torná-lo mais eficaz”.

Nesse ponto estamos. Que espaço teremos nos próximos 50 anos? Mais hostil e perigoso do que ele já é por sua própria natureza? Ou dedicado exclusivamente a atividades pacíficas e construtivas, garantidas por um acordo universal de segurança comum e voltadas para o desenvolvimento sustentável de todos os países e para a defesa da Terra contra o aquecimento global, os desastres naturais e outros fenômenos que podem lhe causar males indizíveis?

### José Monserrat Filho

*Associação Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial, Instituto Internacional de Direito Espacial e Academia Internacional de Astronáutica*

### Coerência semântica

Como leitor da *CH*, gostaria de parabenizar a revista pelo excelente trabalho de divulgação da ciência, tão necessário no Brasil. No entanto, gostaria de levantar uma discussão a respeito da coerência semântica do título da matéria 'Ameaça gaúcha' (*CH* 232), que trata de novas formas virais recombinantes de HIV. É sabido que o vírus HIV tem incrível capacidade de mutação e recombinação, o que torna até hoje tão difícil o desenvolvimento de uma vacina e medicamentos adequados. (...) Meu questionamento é se, em face desses fatos, tem sentido atrelar à definição de uma população (gaúcha) essa afirmação tão contundente (ameaça) sobre a descoberta de nova variedade do HIV, mesmo que geograficamente o vírus tenha sido isolado no Rio Grande do Sul. O fato de o vírus ter sido encontrado nesse estado não caracteriza necessariamente que seu surgimento se deu ali (...). Essa afirmação só poderia ser suportada por análises filogenéticas em uma amostra proporcional da população brasileira, que permitiriam rastrear seu surgimento. No entanto, a matéria não diz que tal estudo foi realizado.

MARCOS OLIVEIRA DE CARVALHO  
PORTO ALEGRE, RS

✉ *Esclarecemos que o título não pretendia ser ofensivo ao Rio Grande do Sul, mas apenas instigar o interesse dos leitores em relação à matéria.*

### Burocracia I

Sou acadêmico de ciências biológicas da UFSM e gostaria de parabenizar o professor Franklin Rumjanek pela série de artigos que publica na *CH*. Há tempos sou um dos seus leitores assíduos. (...) O motivo desta mensagem é seu artigo 'Ciência burocrática' (*CH* 233) (...). Novamente parabenizo seu texto. Há alguns meses fiz um rascunho tratando do mesmo assunto, pois, assim como o autor, percebo que as pesquisas e os pesquisadores brasileiros estão pressionados a serem números: "quanto mais, melhor". Será melhor mesmo? A ciência em nosso país não mais proporciona qualida-

de e/ou contribuição científica ao mundo, apenas números. Claro que temos exceções. Um dos grandes problemas é que essa competição não parou nos laboratórios ou nos pesquisadores, chegando aos alunos de graduação. (...) Às vezes nos angustiamos por saber que nossa vida inteira será isso, competição, desde o vestibular até a aposentadoria. Mas o pior mesmo é continuar acontecendo o que o autor também cita, esse 'apadrinhamento' de alguns pesquisadores. Esses terão a chance de crescer cada vez mais. E os novos pesquisadores e professores, que ainda não têm seus numerinhos na [plataforma] Lattes, quando terão oportunidade? (...) Nossa ciência, além de ser burocrática, como Rumjanek disse, também é hierárquica, pelos motivos já comentados. Esperamos que os 'caciques' do CNPq também leiam seu texto.

JOSMAEL CORSO  
SANTA MARIA, RS

### Burocracia II

Em nome da Diretoria da Associação de Docentes da Universidade Federal do Amazonas (Adua), parabenizo o professor Franklin Rumjanek pelo artigo 'Ciência burocrática' (*CH* 233). Como um dos meios de diálogo entre os docentes da Ufam, mantemos o *Boletim Informativo Adua*, no qual publicamos artigos de interesse para os docentes e onde pretendemos divulgar seu comentário.

LINO JOÃO DE OLIVEIRA NEVES  
MANAUS, AM

### Crédito errado

Verifiquei que há uma informação incorreta no meu artigo publicado na *CH* 237 (p. 59). Creditei à instituição incorreta o mérito pelo seqüenciamento do genoma da bactéria *Xylella fastidiosa*. A matéria diz que a aquisição de seqüenciadores pelo CNPq permitiu pesquisas que culminaram com a publicação do genoma dessa bactéria na revista científica *Nature*, em 2000. Na verdade, os 25 seqüenciadores adquiridos pelo CNPq não contribuíram para esse seqüenciamen-

to, que foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Os equipamentos adquiridos pelo CNPq contribuíram para a formação do Projeto Genoma Brasileiro e para o seqüenciamento do genoma da bactéria *Chromobacterium violaceum*, publicado no periódico *Proceedings of the National Academy of Sciences*, em 2003.

PAULO B. CHAVES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ZOOLOGIA, PUC-RS  
PORTO ALEGRE, RS

### Datas incorretas

Gostaria de fazer uma correção no meu artigo 'Cotidiano e poder na periferia da sociedade Santarém' (*CH* 237). Em primeiro lugar gostaria de dizer que gostei muito da edição. (...) As datações mencionadas no último parágrafo do texto, na página 67, estão erradas, pois aparecem como antes de Cristo e não depois de Cristo. O correto seria: "...pressões políticas podem ter levado comunidades periféricas e independentes a se deslocarem ao longo do rio Tapajós, como sugere a seqüência cronológica que se interrompe entre 1010 d.C. e 1200 d.C.". Essa informação é muito importante do ponto de vista arqueológico e o dado incorreto invalida toda a argumentação do texto sobre as sociedades tardias da pré-história.

DENISE MARIA CAVALCANTE GOMES  
RIO DE JANEIRO, RJ

### Correções

- A radiação cósmica de fundo (a radiação remanescente do *Big Bang*, a explosão que deu origem ao universo, segundo a teoria mais aceita) foi detectada pela primeira vez em 1965, e não em 1968, como é dito no artigo 'Síntese das estrelas' (*CH* 236).

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

CORREIO ELETRÔNICO:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS À REDAÇÃO

# Como pendurar (mal) um quadro



**Marco Moriconi**

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

Uma das maneiras mais tradicionais de se pendurar um quadro consiste em amarrar uma cordinha em dois pontos dele (em geral, na parte de trás) e apoiá-la em um prego preso à parede. Esse modo é prático, mas tem uma possível falha: cai o prego, cai o quadro.

Um amigo, no entanto, decidiu usar dois pregos, achando que assim um quadro que ele queria expor estaria mais seguro. Além disso, decidiu enrolar o fio nos pregos de uma maneira ‘especial’, de forma que o quadro ficasse mais firme. Quando acabou o trabalho, perguntou minha opinião sobre o resultado.

Confesso que, esteticamente, é muito melhor um prego apenas – e, de preferência, escondido atrás do quadro. Mas ele, orgulhoso de sua ‘bolação’, deixou os dois pregos à mostra. “O que você acha?”, perguntou. “Bem...”, disse eu, encabulado. “Está... digamos... diferente, mas não me parece muito seguro!”, afirmei.

“Como assim!? Usei dois pregos e enrolei o fio neles!”, rebateu ele. “Eu sei... mas olha só”, respondi, demonstrando na prática minha afirmação. Puxei um prego, e a ‘obra-prima’ caiu imediatamente (eu já havia previsto isso e, portanto, segurei o quadro com a outra mão). O outro prego não serviu de nada (na verdade, eu poderia ter tirado qualquer um dos



pregos, pois o outro não iria segurar o quadro).

Pergunta: como será que ele pendurou o quadro?

Por trás desse erro, existe uma idéia que os matemáticos usam bastante para estudar formas geométricas: os chamados invariantes topológicos (para os propósitos desta coluna, esse conceito será tra-

duzido como o número de voltas que um fio dá ao redor de um ponto). Os físicos, por exemplo, também se defrontam com invariantes topológicos ao lidarem com a teoria das supercordas, que tenta unificar as quatro forças do universo (gravitacional, eletromagnética, forte e fraca, sendo que estas duas últimas agem apenas no âmbito do núcleo dos átomos).

Pegue um fio (barbante, náilon, arame etc.) e enrole várias vezes ao redor de um prego (não importa quantas vezes) e amarre uma ponta na outra. Intuitivamente, sabemos que, se puxarmos a linha para um lado ou para outro, mantendo-a em um plano, o número de voltas no prego sempre será o mesmo.

No caso de dois pregos, a coisa fica interessante, porque você pode passar a linha em volta dos dois pregos de uma vez ou apenas por um deles. E é aqui que está o ‘erro’ do meu amigo. Veja a figura para se orientar sobre o que se passou com o quadro dele.

Tomemos como referencial o prego da direita da figura. Partindo dali, o fio dá uma volta no sentido horário em torno dos dois pregos. Depois, para ‘aumentar’ a segurança, meu amigo deu uma volta anti-horária ao redor de cada um dos dois pregos.

Com isso, o quadro ficou pendurado, mas... Retire um dos dois pregos e... o quadro cai! Por quê? No final das contas, cada prego tem uma volta horária e uma volta anti-horária, ou seja, o equivalente a uma nenhuma. Esse foi o equívoco do meu amigo.

Lição da ‘arte’ de pendurar quadros (e dos invariantes topológicos): às vezes, o convencional pode ser o melhor modo de resolver um problema! ■

## DESAFIO

Você consegue bolar uma maneira de pendurar um quadro com três pregos de forma que a remoção de quaisquer dois deles faz o quadro cair?

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

No caso de quatro amigos e um macaco, temos que, no final, havia  $4N + 1$  cocos. Para voltar uma rodada atrás, temos que multiplicar por  $4/3$  e somar 1. O cálculo – somadas as quatro rodadas – dá  $(1.024N + 781)/81 = 13N + 10 - 29(N + 1)/81$ . Assim, em cocos,  $N$  tem que ser, no mínimo, 80, o que dá  $1.021$  cocos. Em anticocos,  $N$  pode ser  $-1$ , o que dá  $-3$  cocos (ou 3 anticocos).