

ENCARTE
INFANTIL

CIÊNCIAHOJE

Revista de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência Vol. 7 N° 41 Abril de 1988 Cz\$ 300,00

FUSÃO TERMONUCLEAR

Manaus e Rio Branco (via aérea) Cz\$ 390,00



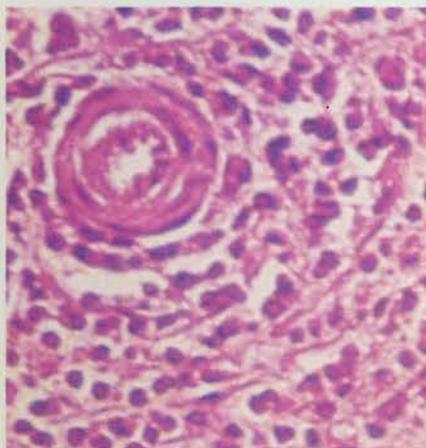
OS HOMENS DA MINA

EXEMPLAR DE ASSINANTE — VENDA PROIBIDA



2 fábricas. 22.000 funcionários. 9 restaurantes: 400.000 refeições por mês. 5 ambulatórios, 2 enfermarias: 14 médicos, 25 enfermeiros e auxiliares de enfermagem. 2 linhas de ônibus circulares. 26 "carteiros": 400 quilos de correspondência por dia. 2 gráficos. 1 revista mensal: 25.000 exemplares. 1 "corpo de bombeiros": 54 bombeiros, 458 auxiliares. 2 padarias: 20 mil pãezinhos por dia. Essa verdadeira cidade, que recolhe mais impostos que a maioria dos municípios brasileiros, chama-se General Motors do Brasil. A capital do automóvel.

GENERAL MOTORS, BRASIL. UMA CIDADE COM MAIS HABITANTES QUE GENERAL CÂMARA (RS), MAIS MÉDICOS QUE GENERAL CARNEIRO (PR), MAIS BOMBEIROS QUE GENERAL MAYNARD (SE), MAIS RESTAURANTES QUE GENERAL SALGADO (SP), E MAIS FÁBRICAS QUE GENERAL SAMPAIO (CE).

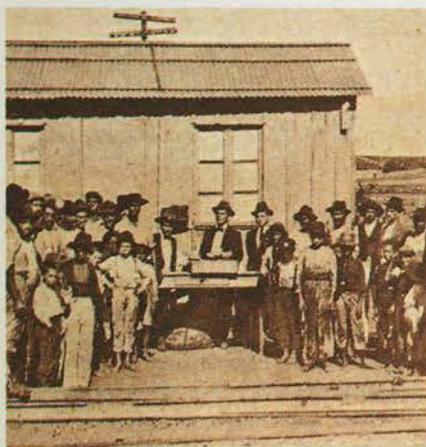


28

MONOCLONAIS CONTRA LEUCEMIA 28

Nance Beyer Nardi e Tor Gunnar Hugo Onsten

De valor já comprovado no diagnóstico das várias formas de leucemia, os anticorpos produzidos pela técnica do hibridoma começam também a ser utilizados no tratamento dessa doença.



36

OS HOMENS DA MINA 36

Cornelia Eckert

Um segmento da classe operária brasileira — o dos mineiros de carvão, especialmente os de subsolo — vive num mundo próprio, moldado pela esfera do trabalho.

FUSÃO TERMONUCLEAR CONTROLADA 44

Nelson Fiedler-Ferrari e Ivan Cunha Nascimento

À busca de uma fonte de energia limpa, que utilize um combustível barato, abundante e bem distribuído pelo planeta, os países desenvolvidos investem há 35 anos na pesquisa do controle da fusão nuclear.



44

PRINCIPIA MATHEMATICA: 300 anos 58

Marcio Q. Moreno

A história das ciências não é linear: sofre rupturas, dá saltos. Há 300 anos, com a publicação dos *Principia mathematica*, Isaac Newton propôs não só uma nova física, mas os fundamentos da ciência moderna.



80

CARTAS DOS LEITORES	2
AO LEITOR	9
TOME CIÊNCIA	10
UM MUNDO DE CIÊNCIA	16
O LEITOR PERGUNTA	20
RESENHA	25
ENTREVISTA: MICHAEL POLLAK	66
É BOM SABER	74
HUMOR	80

CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS (ENCARTE)

CIGARRINHAS

Lendo meu trabalho "O combate à cigarrinha das pastagens" em *Ciência Hoje* n° 39, constatei que as figuras coloridas foram, no momento de impressão, trocadas de posição em relação às legendas: a foto da espuma de *Deois flavopicta*, que deveria estar à esquerda, aparece à direita, e a de *Mahanarva fimbriolata*, ao contrário. Também os componentes químicos mencionados na legenda são glicosaminoglicanas e não glicosaminoglicanos. Agradeço o trabalho editorial realizado e a atenção a esses reparos.

Dra. Maria Luiza S. Mello, Departamento de Biologia Celular, Universidade de Campinas



foto K. H. Redford

ERRAMOS (DE A A Z)

Segundo o zoólogo Paulo Vanzolini, no artigo "Parque das emas", publicado no n° 39 de *Ciência Hoje*, o animal apresentado à p. 46 é um mambira. Em seu *Dicionário dos animais do Brasil*, o naturalista von Ihering registra-o como tamanduá-mirim, tamanduá-de-colete, melete e mixila.

A tradução correta para o título do dicionário filosófico *Aristotle to zoos*, publicado por Peter Brian Medawar em co-autoria com sua esposa (*Ciência Hoje* n° 38 p. 72), é *De A a Z* e não "Aristóteles para jardins-zoológicos", como foi publicado.

No artigo "Depressão alastrante", publicado no n° 37 de *Ciência Hoje*, o poema de Carlos Drummond de Andrade que aparece à p. 32 intitula-se "A suposta existência".

EMOTINA Z

Gostei muito da apresentação final do meu artigo "Determinação da estrutura cristalina e molecular da emotina Z", em *Ciência Hoje* n° 38. A revista está de parabéns pois consegue transcrever textos científicos em artigos interessantes, sem perda de conteúdo. Entretanto, quero assinalar que houve uma falha quando deixei de citar a co-autoria das orientadoras, professoras Alaíde Braga de Oliveira (Departamento de Química/ICEx-UFMG) e Yvone Mascarenhas (Instituto de Física e Química de São Carlos/USP), além da inestimável colaboração da amiga Maria Tereza Gambardella, também do instituto de São Carlos. Se não fosse esta colaboração, bem como a de tantas outras pessoas da UFMG e da USP, não seria possível a realização desta pesquisa. A autoria do trabalho se deve,

de fato, a um mutirão de pesquisadores, que não se negaram a transmitir ensinamentos, cada um na sua especialidade.

Maria de Lourdes Moreira Fernandes, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais

QUESTÃO DE ÓPTICA

É lamentável que se tente deturpar a realidade e, num processo de abstração irracional associado a palavrório erudito, negar o que o simples bom senso permite ver. O autor da carta publicada em *Ciência Hoje* n° 38 sob o título "Hipermetropia involuntária" sobre o editorial "Miopia progressiva" (*Ciência Hoje* n° 30) é um desses casos.

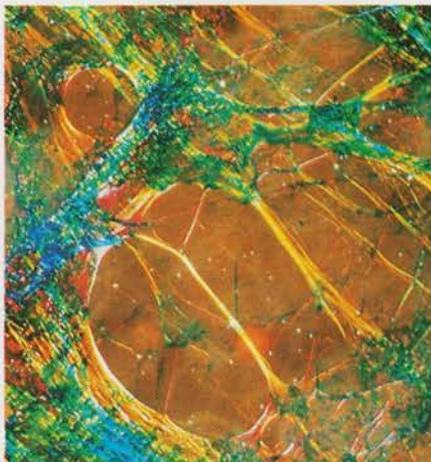
O avanço da ciência é estreita e dialeticamente relacionado com o das forças produtivas. A um problema concreto, uma resposta concreta. As grandes descobertas do século XIX (...) foram fruto das necessidades de um dado momento histórico. O capitalismo armou-se dessas conquistas e deu às forças produtivas um impulso nunca visto até então. Mas, longe de atenuar as flutuações econômicas, as desigualdades entre países e a concentração de recursos, ele os agravou (...)

(...) Há pouco o Senado americano revelou preocupação com a crescente concentração do PIB nas mãos de uma minoria privilegiada, cada vez menor. A estratégia capitalista para manter o nível interno de consumo apesar dessa concentração é a sangria imperialista dos povos em desenvolvimento dependente (...)

Os conceitos de ordem geral e de ordem da organização não passam de uma ilusão de ordem geral anárquica. Realmente, no capitalismo, o planejamento não pode ir além da interferência do Estado em favor de setores da economia. Ele está em contradição direta com o caráter privado da propriedade e com a livre iniciativa do capital. É ilusão de classe pensar em planificação em meio ao domínio dos monopólios (...) A planificação é um desafio para quem acredita no advento da democracia de massas, rumo ao socialismo (...)

Rafael Cabral Cruz, Restinga Seca (RS)

fotos cedidas pela autora



Espumas de *Deois flavopicta* (acima) e *Mahanarva fimbriolata* (abaixo), coradas com azul de alcian e observadas ao microscópio de polarização. A birrefringência da primeira se deve à orientação de proteínas estruturais, enquanto as cores de interferência da birrefringência da segunda são promovidas por glicosaminoglicanas ácidas altamente orientadas.

TRADUTTORI, TRADITORI

Li com atenção a resenha intitulada “Dos perigos da abrangência” — sobre o livro de Colin A. Ronan, *História ilustrada da Ciência* (Ciência Hoje n.º 38).

(...) Como a autora, Fátima Regina Évora, menciona deslizes da tradução, gostaria de chamar a atenção para outras falhas que encontrei. Não possuo o texto original, mas presumo serem erros de tradução, uma vez que não teriam podido escapar a Ronan em vista das fontes históricas de que dispõe na Universidade de Cambridge.

Na p. 126 do vol. I, lê-se: “É também a Ptolomeu que devemos tudo o que sabemos do trabalho de Hiparco, pois o único texto original que sobreviveu é um pequeno comentário sobre seu trabalho astronômico, *feito pelo poeta estóico Arato*” (o grifo é meu). Como o texto não refere as datas de nascimento e morte desse poeta, verifiquei-as na

Encyclopaedia Britannica, cujo verbete sobre Hiparco foi, inclusive, preparado pelo próprio Ronan (Macropaedia, vol. 8). Pois bem: no vol. I (Micropaedia), o único poeta Arato relacionado nasceu c. 315 a.C. e morreu c. 245 a.C., muito antes de Hiparco, que, segundo Ronan, nasceu “em Nicéia, em algum momento do primeiro quartel do século II a.C.” (*História ilustrada*, p. 126).

A dúvida me ocorreu porque havia lido em *A ciência grega*, de Benjamin Farrington (Ibrasa, 1961), informação completamente diferente sobre Arato e Hiparco. Na p. 200 desse livro, lê-se: “Em 270 a.C., aproximadamente, um verzejador de grande habilidade, Arato, compôs um poema didático sobre a Astronomia, que gozou de grande popularidade em toda a Antigüidade. Um jovem, amigo de Hiparco, escreveu-lhe pedindo que o informasse do grau de exatidão daquele poema de tão grande influência. Hiparco, em resposta (...), estabeleceu, primeiro, que o poeta Arato, pelos fatos que apresentava,

ligava-se ao astrônomo Eudóxio.” Ora, é fácil concluir que foi Hiparco quem citou Arato, e não este a Hiparco, como dá a entender a tradução do texto de Ronan.

Outro erro que presumo ser também de tradução ocorre na p. 127, onde se lê: “(Hiparco) usou o eclipse total do Sol que ocorreu em 190 a.C. e fez com que o observassem de dois lugares do mesmo meridiano — Alexandria e Helesponto” (o grifo é meu). Ora, segundo o próprio Ronan, no verbete da *Encyclopaedia Britannica* sobre Hiparco, esse astrônomo grego floresceu entre 146 e 127 a.C., e não poderia, portanto, ter visto o eclipse solar em 190 a.C., como dá a entender o texto em português.

Acreditando que tais erros são devidos à tradução, escrevi ao editor Jorge Zahar, mandando-lhe também uma cópia desta carta.

José Maria Filardo Bassalo, Departamento de Física da Universidade Federal do Pará, Belém

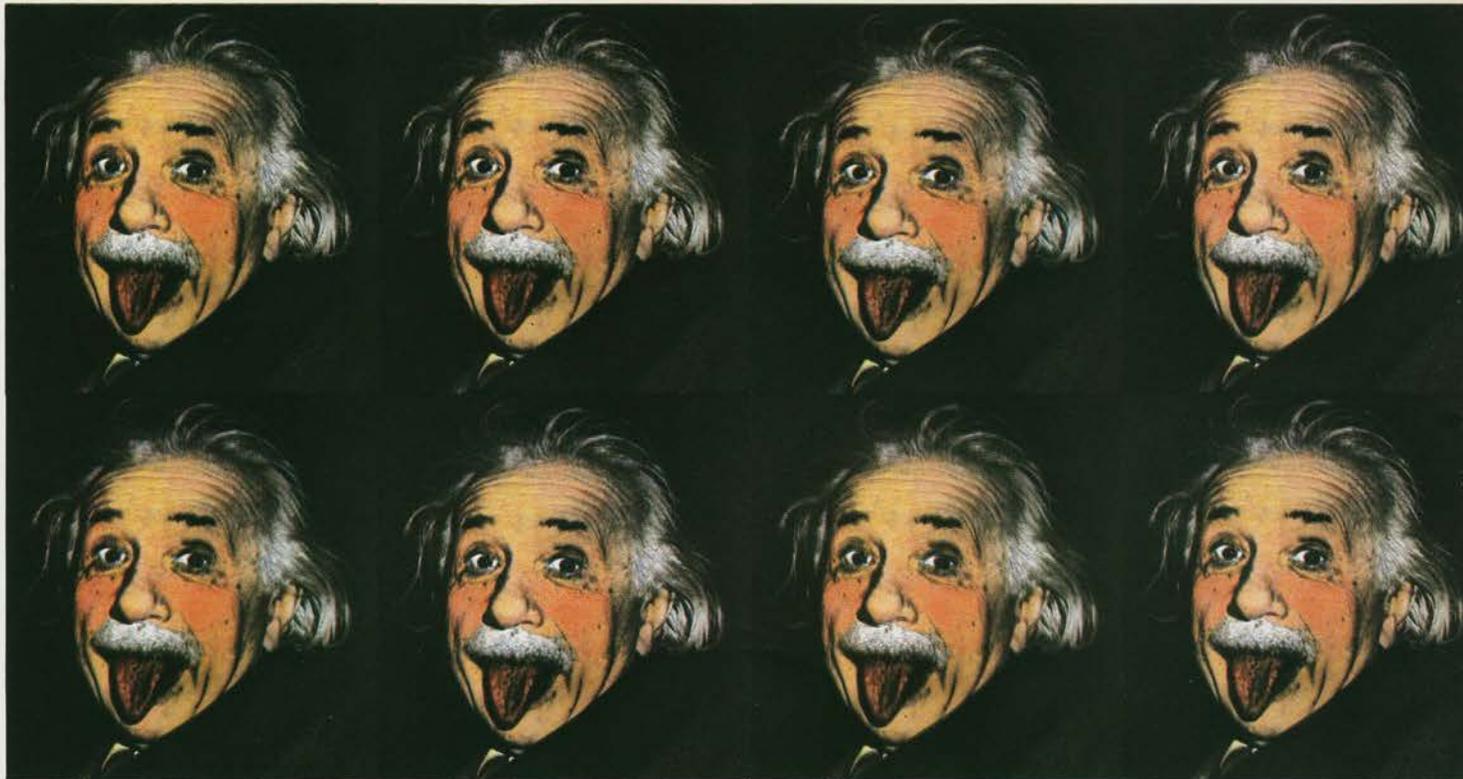
CONHEÇA O BRASIL VOANDO COM AMIGOS



TRANS  **BRASIL**



MUITAS CABEÇAS PENSAM



Só o PABX digital MD 110
da MATEC tem Q.I. superior
em todas as unidades.

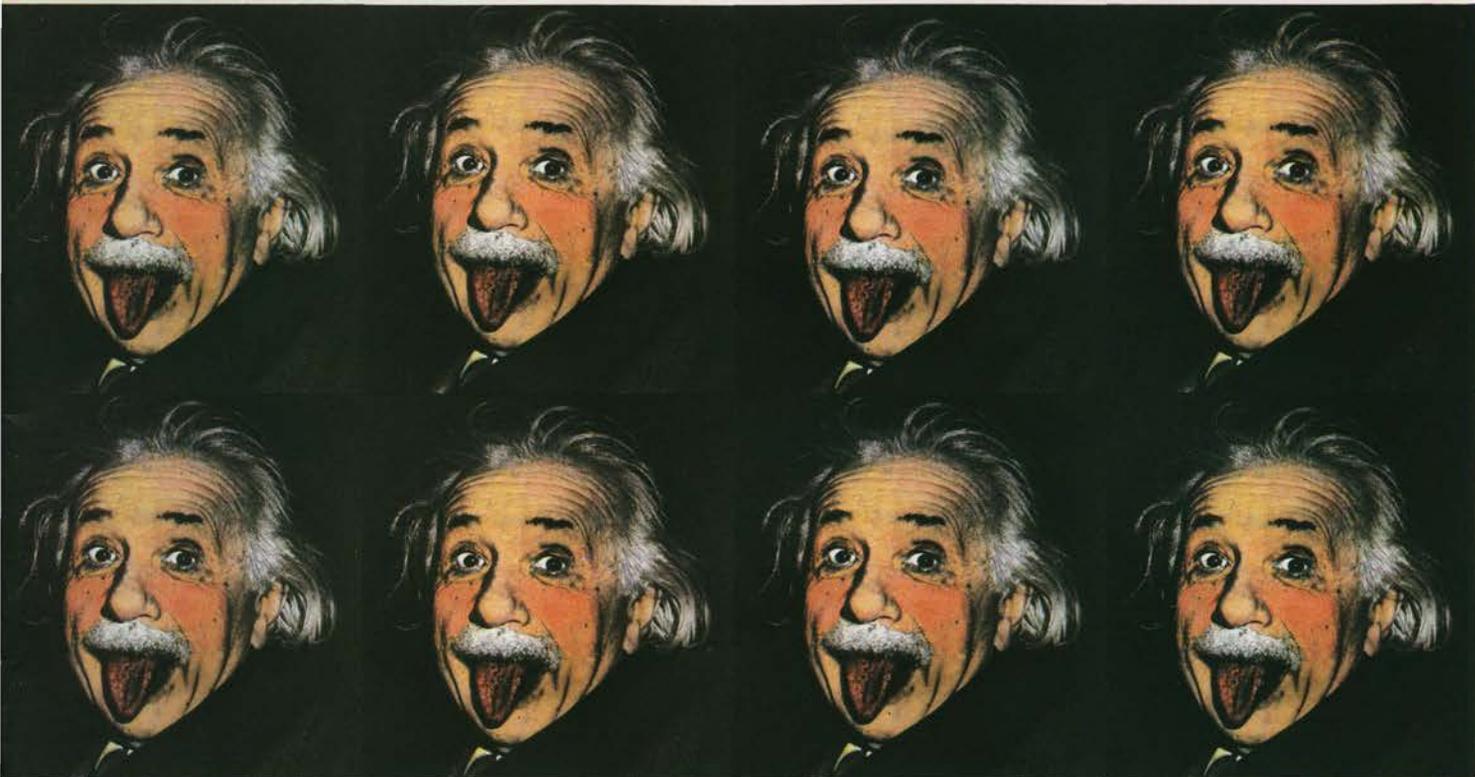
O PABX digital MD 110 da MATEC tem capacidade de até 12 mil ramais. Estes ramais podem estar distribuídos em unidades centralizadas ou remotas, acompanhando as operações da empresa pelo país ou até no exterior. Cada unidade, onde quer que esteja, tem processamento independente, com total inteligência e total autonomia de comunicação, sem depender de um processador central. Assim, se uma unidade tiver seu funcionamento afetado, não haverá possibilidade

de pane que acarrete o colapso total do sistema. Esta característica, de vital importância, é exclusiva do MD 110 da MATEC. Com várias cabeças pensantes, sua empresa não corre o risco de um blackout de comunicação.

Maturidade tecnológica

O PABX digital MD 110 se distingue por incorporar as mais modernas concepções tecnológicas. Isto poderia significar que o ônus do experimentalismo recaísse sobre o usuário. Entretanto, o MD 110 já ultrapassou seu período de infância. Já opera com mais de 1.200.000 ramais, em 36 países.

MELHOR DO QUE UMA.



Livre acesso ao programa-fonte

A MATEC assegurou através de contrato com a Ericsson Information Systems, o acesso ao programa-fonte, o que garante o domínio tecnológico do sistema e possibilita a introdução de forma independente de novos serviços aos usuários e futuras padronizações da Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI).

Apoio técnico

Assistência técnica com estrutura de filiais e sucursais em todo o país, garante a normalidade do funcionamento. Além disso, assistência técnica computadorizada à distância:

um eventual problema numa das unidades, onde quer que esteja, é supervisionado pelo Centro de Apoio Técnico em São Paulo. E sua correção é feita às vezes antes do problema ser percebido pelo usuário.



MD110  MATEC

EMPRESA BRASILEIRA DE TELEINFORMÁTICA, DE CAPITAL ABERTO,
ASSOCIADA AOS GRUPOS MONTEIRO ARANHA E BRADESCO.

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

Secretaria: Av. Veneslau Brás 71, fundos, casa 27, Rio de Janeiro, CEP 22290, tels.: (021) 295-4846, 295-4442, 275-8795. Telex: (021) 36952.

Editores: Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica, UFRJ), Ennio Candotti (Instituto de Física, UFRJ), Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CNPq), Roberto Lent (Instituto de Biofísica, UFRJ), Otávio Velho (Museu Nacional, UFRJ).

Editor Assistente: Cilene Vieira

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

Secretaria de Redação: Evair A. Marques (coordenadora), Zairine V. Freire, Alicia Mônica A. de Palacios e Maria Luiza da Silva Mattos (secretárias).

Edição de Texto: Maria Luiza X. de A. Borges e Maria Ignez Duque Estrada. Regina Ferreira (revisora).

Jornalismo: Alicia Ivanishevich, Luisa Massarani, Sergio Portella e Sheila Kaplan.

Edição de Arte: Patricia Galliez de Salles (coordenadora), Lillian de Abreu Mota (assistente), Christiane Abbade (diagramadora), Selma Azevedo (desenhista e arte-finalista), Marta Rodrigues (arte-finalista), Darcy de Magalhães (produção gráfica).

Administração: Elsa M. Roberto Parreira, Sônia M. de Mendonça Corrêa (gerentes), Neuz Maria de Oliveira Soares, Cláudio C. Carvalho, Carlos A. Kessler Filho, Edson Rosapo Pinheiro, Jorge Lourenço M. de Carvalho, Maria do Rosário, Lucia H. Rodrigues, Maria Cristina G. da Silva.

Assinatura, Circulação e Expedição: Adalgisa M. S. Bahri (gerente), Afonso H. de M. Pereira (supervisor), M. Lucia de G. Pereira (secretária), Moisés V. dos Santos, José A. Vianna, Marly Onorato, Delson Freitas, Ricardo Francisco Alves, Valmir Narciso Vidal, Daniel Vieira dos Santos. Tel.: (021) 270-0548.

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

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

Capa: Foto Câmara Três — John Launois.

Colaboraram neste número: Gian Calvi, Wilson Racy (ilustração); Danielle Martins Prazeres (edição de arte e diagramação); Sônia Regina Cardoso (pesquisa iconográfica); Roberto Jesus (fotografia).

Conselho Científico: Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração, UFRJ), Antônio Barros de Ulhoa Cintra (Hospital das Clínicas, USP), B. Boris Vargafit (Instituto Pasteur, França), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica, UFRJ), Carlos M. Morel (Fundação Oswaldo Cruz, Carolina Borj (Instituto de Psicologia, USP), Crodovaldo Pavan (Instituto de Biologia, Unicamp), Dalmo Dallari (Faculdade de Direito, USP), Darcy Ribeiro (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, UFRJ), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicobiologia, EPM), Fernando Gallebeck (Instituto de Química, Unicamp), Francisco Welfort (Faculdade de Filosofia, USP), Gilberto Velho (Museu Nacional, UFRJ), Herbert Schubart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Herman Lent (Departamento de Biologia, Universidade Santa Ursula), João Steiner (Instituto de Pesquisas Espaciais), José Antonio Freitas Pacheco (Instituto Astronômico e Geofísico, USP), José Goldenberg (Instituto de Física, USP), José Reis (SBPC), José Ribeiro do Valle (Departamento de Farmacologia, EPM), José Seixas Lourenço (Instituto de Geociências, UFPA), Leopoldo Nachbin (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CNPq), Luis de Castro Martins (Rio Data Centro, PUC/RJ), Mauricio Mattos Peixoto (Academia Brasileira de Ciências), Miguel Covian (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP), H. Moysés Nussenzeveig (Departamento de Física, PUC/RJ), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética, UFPR), Oscar Sala (Instituto de Física, USP), Oswaldo Porchat Pereira (Centro de Lógica, Unicamp), Otávio Elisio Alves de Brito (Instituto de Geociências, UFMG), Pedro Malan (Departamento de Economia, PUC/RJ), Ricardo Ferreira (Instituto de Química, UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico, USP), Telmo Silva Araujo (Departamento de Engenharia Elétrica, UFPA), Warwick E. Kerr (Departamento de Biologia, UFMA).

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado, Roberto B. de Carvalho — Dept. de Zoologia do Instituto de Ciências Biológicas, UFMG, Caixa Postal 2486, CEP 31160, tel.: (031) 443-5346.

Sucursal Brasília: Maria Lucia Maciel — ICC/Sul, Bloco A, sobrelaje, sala 301, UnB, Cep 70910, tel.: (061) 273-4780.

Sucursal Curitiba: Glaci Zancan, Miriam Regina Del Vecchio de Lima — Centro Politécnico, Ciências Biológicas, Departamento de Bioquímica, Caixa Postal 939, CEP 81504 Curitiba — PR, tel.: (041) 266-3893.

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

Sucursal Porto Alegre: Edmundo Kanan Marques — Av. Osvaldo Aranha, 1.070, cj. 306 (FACTEC), CEP 90210.

Sucursal Recife: Sergio M. Rezende — Praça das Cinco Pontas, 321, 1º andar, São José, CEP 50020, tel.: (081) 224-8511.

Sucursal São Carlos: José Albertino Rodrigues, José G. Tundisi, Dietrich Schiel, Yvonne P. Mascarenhas, Itamar Vugman, Marcelo Stein, Jandira Ferreira de Jesus — Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural, IFQSC, USP, rua Nove de Julho, 1.227, CEP 13560, tel.: (0162) 72-4600.

Sucursal São Paulo: José Carlos C. Maia, Vera Rita da Costa, Wilson Racy Jr., Acácia R. Francisco de Oliveira, Gláucio Clímério Lobão — Av. Prof. Luciano Gualberto, 374 — Antigo Prédio da Reitoria, Cidade Universitária, CEP 05508, tel.: (011) 814-6656 e 813-6844 ramal 446.

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

Assinaturas: Brasil (11 números): Cz\$ 3.000,00. América Latina e África (11 números): US\$ 40,00 (superfície) e US\$ 80,00 (aérea). EUA e Europa (11 números): US\$ 50,00 (superfície) e US\$ 100,00 (aérea). Número atrasado: Cz\$ 300,00.

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

Publicidade: Rudiger Ludemann, Douglas Sampaio Venditti e Jorge Farrah. Rua Gal. Jardim 618 — 3º andar — conj. 21, São Paulo, tel.: (011) 259-5399; Rio de Janeiro, tel.: (021) 295-4846; Brasília, tel.: (061) 224-8760.



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

Atividades da SBPC. A SBPC organiza e promove, desde a sua fundação, reuniões anuais durante as quais cientistas, estudantes e professores têm uma oportunidade ímpar de comunicar seus trabalhos e discutir seus projetos de pesquisa. Nestas reuniões, o jovem pesquisador encontra a ocasião própria para apresentar seus trabalhos, ouvir apreciações, criticar e comentar trabalhos de outros. Temas e problemas nacionais e regionais relevantes são expostos e discutidos, com audiência franqueada ao público em geral, que tem ainda o direito de participar dos debates. Finalmente, assuntos e tópicos das mais variadas áreas do conhecimento são tratados com a participação de entidades e sociedades científicas especializadas.

Fundada em 8 de junho de 1948 por um pequeno grupo de cientistas, a SBPC reúne hoje mais de 20.000 associados, e em suas reuniões são apresentadas cerca de 2.800 comunicações de trabalhos científicos e realizadas 250 mesas-redondas, cursos e conferências. Através de suas secretarias regionais, promove sim-

pósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano.

Desde sua fundação, a SBPC edita a revista *Ciência e Cultura*, mensal a partir de 1972. São publicados suplementos durante as reuniões anuais, contendo os resumos dos trabalhos científicos apresentados. Além desta revista e de *Ciência Hoje*, a SBPC tem publicado boletins regionais e volumes especiais dedicados a simpósios e reuniões que organiza periodicamente.

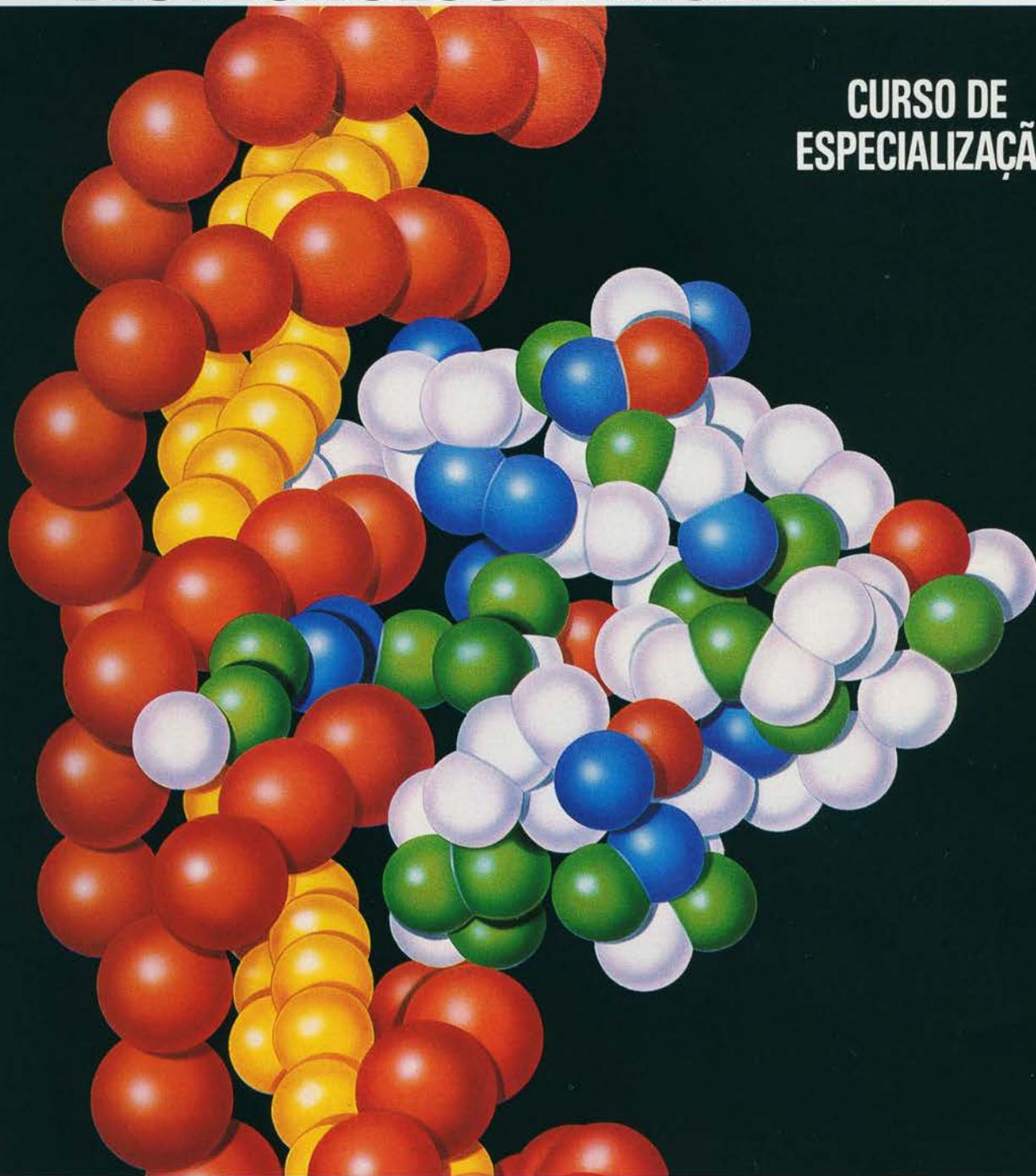
O corpo de associados. Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência. Para tanto, basta ser apresentado por um sócio ou secretário regional e preencher um formulário apropriado. A filiação é efetiva após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber a revista *Ciência e Cultura* e a obter um preço especial para a assinatura de *Ciência Hoje*.

Sede nacional: Rua Pedroso de Moraes 1512, Pinheiros, São Paulo, tels.: 211-0495 e 212-0740. **Regionais:** Aracaju — Universidade Federal de Sergipe, Depto. de Educação, Campus Universitário, São Cristóvão, tel.: 224-1331 ramal 331 (Ada Augusta C. Bezerra); Belém — Universidade Federal do Pará, Gabinete do Reitor, Campus Universitário do Guamá, C.P. 549, tel.: 229-1108 ramal 384 (Antonio G. de Oliveira); Belo Horizonte — Universidade Federal de Minas Gerais, Depto. de Biologia Geral, Inst. de Ciências Biológicas, C.P. 2486, tel.: 441-5481 (José Rabelo de Freitas); Blumenau — Universidade Regional de Blumenau, Rua Antônio da Veiga 140, tel.: 22-8288 (Sálvio Alexandre Müller); Brasília — Universidade de Brasília, Inst. Central de Ciências, Bl. A, sobrelaje, s/301, tel.: 273-4780 (João Luiz H. de Carvalho); Corumbá — C.P. 189, tel.: 231-2616 (Wilson F. de Melo); Cuiabá — Universidade Federal de Mato Grosso, Sub-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, tel.: 361-2211, ramais 210 e 166 (Miramy Macedo); Curitiba — Rua Gen. Carneiro 460, 5º/504, tel.: 264-2522 ramal 278 (Araci A. da Luz); Fortaleza — Universidade Federal do Ceará, Depto. de Fisiologia e Farmacologia, Centro de Ciências da Saúde, C.P. 657, tel.: 243-1309 (Marcus Raimundo Vale); Goiânia — Universidade Federal de Goiás, Inst. de Ciências Biológicas, C.P. 131, tel.: 261-0333 ramal 158 (Alberto José Centeno); João Pessoa — Uni-

versidade Federal da Paraíba, Depto. de Biologia Molecular, Campus Universitário, tel.: 224-7200 ramal 2495 (Maria Eulália S. Gris); Londrina (seccional) — Rua Rio de Janeiro 551, apto. 7 D (Ana Odete S. Vieira); Macéió — Universidade Federal de Alagoas, Depto. de Biologia, Centro de Ciências Biológicas, Praça Afrânio Jorge (Marize P. Pedrosa); Manaus — Inst. Nacional de Pesquisas da Amazônia, C.P. 478, tel.: 236-9400 ramal 126 (Adalberto Luiz Val); Maringá (seccional) — Fundação Universidade Federal de Maringá (Veslei Teodoro); Natal — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Depto. de Fisiologia, tel.: 231-1266 ramais 289 e 354 (Alexandre Augusto L. Menezes); Pelotas (seccional) — Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Química, C.P. 354 (Morena P. Peters); Piracicaba — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Inst. de Genética, C.P. 83, tel.: 33-0011 ramais 252 e 249 (Margarida L.R. de A. Percin); Porto Alegre — Colégio Estadual Júlio de Castilhos, Bl. B, s/147, Av. Piratini 76 (Bazília Catharina de Souza); Santa Maria (seccional) — Universidade Federal de Santa Maria, Edifício da Administração Central, tel.: (055) 226-1616 ramais 2137 e 2455 (Ronaldo Motta); Porto Velho — Universidade de Rondônia, tel.: 221-5054 (Sebastião Luiz dos Santos); Recife — Praça das Cinco Pontas 321 (CNPq-ANE), São José, tel.: 224-8511 (Luiz Antonio Marcuschi); Rio Claro — Universidade do Estado de São Paulo, C.P. 178, tel.: 34-0424 ramal 28 (Maria Neysa S. Stort); Rio de Janeiro — Av. Veneslau Brás 71, fundos, casa 27, tel.: 295-4442 (Vanilda Paiva); Salvador — Universidade Federal da Bahia, Vale do Canela, tel.: 245-7636 (Inaêl Maria M. de Carvalho); São Luís — Universidade Federal do Maranhão, Programa de Imunologia, Bl. 3, s/3A, Campus Universitário do Bacanga, tel.: 222-1529 (Vera Lucia Rolim Sales); São Paulo — Universidade de São Paulo, Depto. de Biologia, Inst. de Biociências, C.P. 11.461, tel.: 210-2122 ramal 272 (Aldo Malavasi Filho); Teresina — Universidade Federal do Piauí, Depto. Biomédico, SG-1, Centro de Ciências da Natureza, Campus Ininga, tel.: 232-1212 ramal 289 (Ana Zélia C.L. Castelo Branco); Vitória — Universidade Federal do Espírito Santo, Depto. de Ciências Fisiológicas, C.P. 780, tel.: 227-8067 (Luiz Carlos Schenberg).

BIOTECNOLOGIA MODERNA

**CURSO DE
ESPECIALIZAÇÃO**



DE 18 DE JULHO A 30 DE NOVEMBRO DE 1988.

OBJETIVO

Curso de especialização que visa preparar jovens pesquisadores para a utilização das metodologias da Biotecnologia Moderna e selecioná-los como candidatos a cursos de pós-graduação em centros avançados.

REQUISITOS

Graduados nas áreas de Biologia, Farmácia e Bioquímica, Química, Física, Engenharia Agrônômica, Medicina Humana e Medicina Veterinária, Engenharia Química e em atividade no setor público ou privado, universi-

tário ou industrial. O Curso requer tempo integral e dedicação exclusiva.

VAGAS

Serão selecionados 30 candidatos que receberão bolsas de estudo do CNPq/MCT.

LOCAL

Centro de Biotecnologia do Estado do Rio Grande do Sul.

INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES

FAPERGS - Fundação de Amparo à Pesquisa do Es-

tado do Rio Grande do Sul - Av. Nilo Peçanha, 730 - 5.º andar - CEP 91330 - Porto Alegre / RS - Fones: (0512) 31-8833 e 32-5427.



Realização do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria de Ciência e Tecnologia e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Apoio: Ministério de Ciência e Tecnologia: CNPq, FINEP, SECRETARIA DE BIOTECNOLOGIA e PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PARA AS ÁREAS ESTRATÉGICAS.

DESAFIO - FORÇA - TREINAMENTO - PRECISÃO COMPETÊNCIA - RESPONSABILIDADE

TRABALHO EM EQUIPE



Esta é a nossa visão empresarial. É o objetivo das empresas lideradas pela ABC Sistemas, no campo das telecomunicações e informática. Cada uma se destaca na sua especialidade, equilibrando seus esforços e saltando cada vez mais alto, rumo aos seus objetivos.

Isto acontece nas áreas individuais, como em computadores de grande porte, superminicomputadores, simuladores de voo, controle de processos e aviônicos, comunicações de dados, telecomunicações analógicas e digitais, fibras ópticas, filme espesso e cristais piezoelétricos.

Em conjunto, oferecem soluções integradas nas áreas de informática, teleinformática para qualquer ambiente, comunicações de voz e texto, em redes públicas ou privadas, para as indústrias automobilísticas e aeronáutica, eletrônica, de entretenimento e outras.

Este é o nosso "espetáculo" ... e trabalhamos mesmo sem rede.

abc propaganda

ABC SISTEMAS

Sistemas eletrônicos s.a.

São Paulo - SP
Rua Flórida, 1738 - 12º andar - Brooklin
Novo - Tels.: (011) 531-5820 e 531-4804 -
Telex: (011) 53069 - CEP: 04565

Divisão Simuladores e Aviónica
São José dos Campos - SP
Av. Heitor Villa Lobos, 2176 - V.
Bethânia, - Tel.: (0123) 21-7522 - TELEX:
(0123) 3325 - ABSE - CEP: 12243

abc computadores

São Paulo - SP
Rua Flórida, 1670 - 9º e
10º andares - Brooklin
Novo - Tel.: (011) 542-
7188 - TELEX: (011)
54950 - CEP: 04565
Contagem - MG
Rua Theodoro Mendes
Pires, 80 - Tel.: (031)
351-3794 TELEX:
(031) 6216 - CEP: 32000

abc teleinformática

Rio de Janeiro - RJ
Rua André Rocha, 2299
Jacarepaguá
Novo - Tel.: (021) 342-7050
TELEX: (021) 21187
CEP: 22700
São Paulo - SP
Rua Flórida, 1670 - 7º andar
Brooklin Novo
Tel.: (011) 452-7244
TELEX: (011) 53069
CEP: 04565

abc xtal
microeletrônica s.a.

Rio de Janeiro - RJ
Av. Brasil, 20.201
Coelho Neto - Tel.:
(021) 372-6262 e
372-6363
TELEX: (021) 31973
CEP: 21510
Campinas - SP
Rod. Campinas - Mogi-
Mirim, Km 118 - Tel.:
(0192) 39-4009
TELEX: (019) 1474
CEP: 13100

abc dados
sistemas s.a.

Rio de Janeiro - RJ
Estrada do Tindiba, 1608
Jacarepaguá
Tel. (021) 392-8585
TELEX: (021) 33833
CEP: 22700
São Paulo - SP
Rua Flórida, 1670 - 7º
andar - Brooklin Novo.
Tel. (011) 542-7244
TELEX: (011) 53069
CEP: 04565

abc Bull
informática

São Paulo - SP
Av. Angélica, 903 - Tel.
(011) 826-3022 -
TELEX: (011) 23192 -
CEP: 01227

EMPRESAS DO
GRUPO ABC

EM SE PLANTANDO DÁ

Medidas de impacto imediato têm, de modo geral, a preferência dos estrategistas políticos brasileiros. A lógica dessa opção é facilmente perceptível: como na Bolsa de Valores, os dividendos políticos são obtidos *overnight*. Com isso, deixam-se obviamente de lado as ações de maior confiabilidade e estabilidade, capazes de fornecer rendimentos a prazo mais longo. Esse imediatismo, quando aplicado à estratégia de prioridades em Ciência e Tecnologia (C&T), pode afetar os interesses nacionais mais elementares. Nunca é demais assinalar o fato de que o investimento em pesquisa científica não pode ser medido pela relação custo-benefício aplicável à análise da eficácia do investimento num setor produtivo qualquer. O investimento total em ciência deve ser avaliado pelos resultados que ela coloca à disposição da sociedade, por prazos relativamente longos.

A visão imediatista comum a nossos governantes e administradores burocratas costuma associar-se à noção equivocada de que ao Terceiro Mundo não compete verdadeiramente atuar na linha de frente em matéria de C&T. Nesse contexto, se adicionarmos ainda uma pitada de “ciência artesanal” — típica dos laboratórios terceiro-mundistas —, teremos os ingredientes necessários para caracterizar os obstáculos que os países subdesenvolvidos enfrentam para desempenhar satisfatoriamente a pesquisa científica. É flagrante a falta de incentivo para se adquirirem equipamentos científicos modernos e adequados à realização dos projetos nacionais e ainda para desenvolver a formação e o treinamento de pessoal técnico especializado. Condições de trabalho precárias, é óbvio, não propiciam a explosão de talentos emergentes. Com uma equação simples de formular mas nem tão fácil de aplicar — metas desvinculadas de interesses imediatistas, emprego de metodologias modernas e investimento em pessoal habilitado — podem ser desenvolvidos programas de extensão variável, voltados para interesses regionais ou nacionais.

Pode esta equação ser considerada viável? Um exemplo recentíssimo mostra que sim. Trata-se da questão do desenvolvimento de uma vacina contra a malária, efetuado por um grupo de pesquisadores na Colômbia, sob direção do Dr. Manuel Patarroyo. A história já é bem conhecida: há tempos, várias equipes de países desenvolvidos lutam para alcançar uma vacina contra essa doença; inesperadamente, a partir do final do ano passado, começaram a aparecer os resultados da equipe de Patarroyo, que, em termos de aplicação, representam avanços significativos em relação a outros grupos de pesquisa.

Essa pequena história se presta a reflexões sobre o encaminhamento da política de pesquisa científica. Voltemos à equação. Pesquisadores talentosos e bem treinados, instalados em laboratórios com boas condições de trabalho — como ocorre com a equipe do pesquisador colombiano, que conta com total apoio do governo —, propiciam a geração de conhecimentos que, em determinadas ocasiões, como no exemplo citado, podem se converter em aplicações importantes. É verdade que freqüentemente se invoca o alto custo da pesquisa para justificar sua não-exequibilidade. Mesmo que aceitável, se este argumento pode ser aplicado a certos setores, não se poderá dizer o mesmo em relação, por exemplo, às ciências biomédicas.

Nem todo pesquisador alcançará inevitavelmente resultados como os obtidos pela equipe de Patarroyo. O que conta é o esforço global para que isto se torne eventualmente possível. E esse esforço ainda mais se justifica quando voltado para a solução de problemas do nosso meio. A pesquisa para obtenção de uma vacina contra a doença de Chagas, por exemplo, não se processa em centros mais avançados ou em países do Terceiro Mundo com o incentivo de grandes empresas privadas. Segundo se sabe, não compensa a essas empresas investir na produção de uma vacina contra essa doença que atinge cerca de dez milhões de pessoas — um número considerado inexpressivo do ponto de vista comercial. Mas aos países do Terceiro Mundo o que interessa é associar ao custo o impacto que resultados positivos poderão lhes trazer. Conquistas como a vacina contra a malária chegam a ter uma repercussão global, pelos benefícios que ela trará a mais de 200 milhões de pessoas ameaçadas ou atingidas pela doença. A dificuldade maior concentra-se na difusão da idéia de que esse tipo de resultado é de obtenção imprevisível e não obedece aos cronogramas rígidos a que costumam se submeter administradores de visão burocrática.

A descoberta de uma vacina contra a malária pela equipe colombiana é uma demonstração clara de que, com condições adequadas de pesquisa, os resultados positivos acabam por aparecer. Um bom exemplo a ser tomado pelos governos do Terceiro Mundo e pelas empresas privadas desses países que possam se interessar pelo investimento em pesquisa científica. E, no nosso caso, um bom exemplo numa época em que se invocam dificuldades de caixa para tomar medidas de repercussão a longo prazo.

Os Editores

Caracterização de hibridomas anti-rotavírus humano

A utilização de anticorpos monoclonais produzidos pela tecnologia de domas — intensa nos países desenvolvidos, seja na pesquisa, na indústria de fármacos ou em laboratórios clínicos, para fins diagnósticos — é ainda incipiente no Brasil (ver “Hibridomas do Nordeste”, em *Ciência Hoje* n° 26 p. 11).

Como reagentes, os anticorpos monoclonais apresentam vantagens únicas: podem ser obtidos com elevado grau de pureza e em quantidades praticamente ilimitadas e têm amplas aplicações nas mais diversas áreas da biologia e da medicina (ver “Monoclonais contra Leucemia”, nesta edição).

Em virologia, eles têm sido usados principalmente na análise antigênica de vírus e de células infectadas por eles, bem como na detecção ou identificação desses agentes. Um exemplo é a disponibilidade de anticorpos monoclonais para a identificação

dos sorotipos do vírus da dengue (ver “A dengue chega ao Nordeste”, em *Ciência Hoje* n° 32 p.77).

Aplicada aos rotavírus — que são, isoladamente, o principal agente causador da gastroenterite aguda infantil —, a tecnologia de produção de anticorpos monoclonais tem permitido melhor classificá-los em sorotipos e subgrupos, em estudos de biologia molecular e clínico-epidemiológicos (ver “Rotavírus: pesquisa de interesse vital”, em *Ciência Hoje* n° 39 p.74).

A experiência brasileira na produção de anticorpos monoclonais anti-rotavírus restringe-se a dois centros: a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL). No primeiro, optou-se pela produção de anticorpos monoclonais contra rotavírus animal. Em Alagoas, nosso grupo foi pioneiro no país na produção de anticorpos monoclonais contra rotavírus humano.

Os hibridomas que obtivemos em nosso laboratório resultaram da fusão de células de mieloma murino da linhagem NSO com células do baço de camundongos isogênicos Balb/c, previamente imunizados com rotavírus humano da cepa Wa (sorotipo 1). Chegamos assim a 28 hibridomas secretores de anticorpos que reagem com rotavírus Wa num ensaio imunoenzimático. Nove foram desprezados por apresentarem reação cruzada com antígenos celulares MA 104 (parte do material antigênico usado para a imunização dos camundongos). Dos 19 restantes, selecionamos os de melhor reação para clonagem ou injeção em camundongos, tendo em vista a produção de líquido ascítico (líquido abdominal de caráter inflamatório, que proporciona um aumento da concentração dos anticorpos secretados pelos hibridos).

Entre os hibridomas de melhor reação que pudemos obter (A1B9, 2G8, 4F5, U7C7, U10C4, 14A2 e A17C10), foi-nos possível caracterizar total ou parcialmente U7C7 e U10C4 (a partir de sobrenadantes de cultura) e A1B9 e A17C10 (a partir de líquido ascítico). Na caracterização, utilizamos os ensaios *Western blot* (WB) e a radioimunoprecipitação (RIP). Isto porque, como no WB os anticorpos monoclonais se ligam a proteínas virais desnaturadas e

na RIP reagem com as proteínas virais em sua forma nativa, a conjugação de ambos os ensaios nos permitiria uma melhor análise.

Os padrões de reação das diferentes linhagens de hibridomas por RIP podem ser observados na figura. Apenas os anticorpos produzidos pela linhagem U7C7 são capazes de reagir em ambos os ensaios, enquanto A1B9 e A17C10 reagem apenas na RIP.

Em relação às proteínas virais, os hibridos reagentes no WB e na RIP reconhecem a proteína VP6, componente estrutural do capsídeo interno (a “carapaça” protéica dos vírus). Essa proteína representa, juntamente com a proteína VP2, cerca de 80% da massa protéica viral. Isoladamente, a VP6 corresponde a 80% da massa protéica do capsídeo interno, tem peso molecular em torno de 41 mil daltons e contém domínios separados que especificam reatividades antigênicas de grupo e subgrupo.

Os anticorpos monoclonais obtidos poderão ter as seguintes utilizações, entre outras: (a) servir como reagente em diferentes ensaios imunoenzimáticos, seja como anticorpo de captura, anticorpo detector (2° anticorpo) ou como anticorpo anti-rotavírus marcado com enzima (conjugado); (b) como reagente em *kits* para diagnóstico de rotavírus, entre os quais ensaios de coagulação com estafilococos; e (c) na eventual caracterização de variantes de rotavírus, entre os quais poderiam ser incluídos os rotavírus atípicos (pararotavírus).

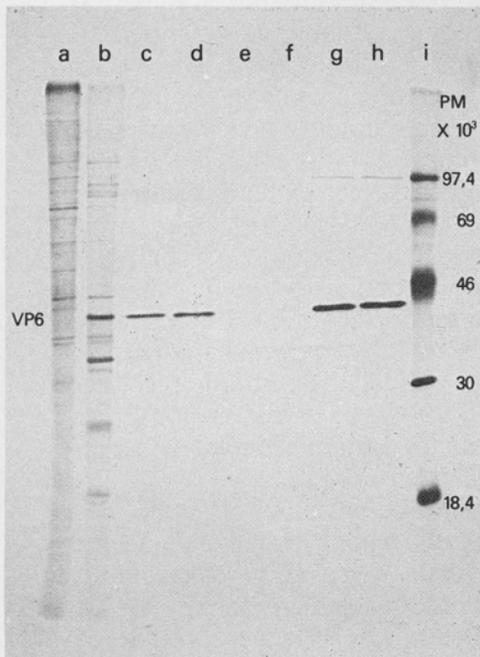
É nossa intenção enviar alguns desses reagentes a pesquisadores de outras instituições, nacionais e internacionais, visando análises ou o desenvolvimento de aplicações que, em nosso centro, não temos condições práticas de empreender.

Clyton Houly, Silvana Santiago, Fábio L. Silva, Rubens Oliver e Fernando M. Oliveira

Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Alagoas

José Ajax Nogueira-Queiroz
Departamento de Patologia e Medicina Legal, Universidade Federal do Ceará

Hermann Werchau
RUHR — Universitaet Bochum, República Federal da Alemanha



Imunoprecipitação de proteínas de rotavírus Wa com anticorpos monoclonais: vêem-se extratos de células MA 104 não infectadas (a) e infectadas (b), marcados com ^{35}S -metionina, e precipitação de proteínas virais desse extrato com anticorpos monoclonais A1B9 (c), A17C10 (d), U10C4 (e e f) e U7C7 (g e h). Para determinar o peso molecular, usaram-se proteínas de peso molecular conhecido marcadas com ^{14}C (i).



Volkswagen: automóveis feitos por mais de quarenta e cinco mil diplomados.

De todos os materiais utilizados pela Volkswagen para fazer seus veículos, um ela considera insubstituível: a inteligência. Coerente com esse raciocínio, nada é mais importante dentro da Volkswagen do que a formação, o treinamento e o aperfeiçoamento diário das milhares de inteligências que produzem hoje -

e produzirão no futuro - a mais completa linha de automóveis do país. Assim, a Volkswagen tem em S. Bernardo do Campo, SP, o maior Centro de Formação Profissional dentre todos os existentes na Organização Mundial Volkswagen. Em convênio com o Senai, esse Centro tem capacidade para mais de 900 aprendizes.

Além de treinamento administrativo e treinamento de lideranças em diversos níveis, a Volkswagen também mantém diversas atividades culturais, além de escolas de 1º e 2º graus, programas de bolsas de estudos e estágios.

E aí chegamos ao ponto principal de todo esse esforço em

treinar e diplomar mais de 45 mil funcionários dentro e fora da Volkswagen: dar ao consumidor um produto cada vez melhor através de investimentos na mais nobre matéria-prima existente no mundo. O talento humano.



Volkswagen
Qualidade e Tecnologia do Líder.

Brasil cria novo inseticida não tóxico

Foi nos Estados Unidos, em meados da década de 1950, que surgiu o interesse em desenvolver, comercialmente, inseticidas à base de microorganismos que atacam insetos. Para isso concorreram a constatação de que esses produtos, além de atingir ampla gama de insetos sem prejudicar a flora ou outros animais, podiam ser produzidos em larga escala.

No Brasil, o desenvolvimento de defensivos agrícolas nacionais é um dos objetivos do Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), que integra o Plano Nacional de Desenvolvimento (PND). Uma maior integração entre agricultura e indústria na busca de soluções autóctones permitiria o aumento da produtividade no setor agropecuário, com a redução das perdas ocasionadas pelas pragas (que hoje chegam a 40%). Por outro lado, a regionalização da produção desses insetos, ao evitar gastos em transporte, possibilitaria um custo final menor, além de propiciar maior absorção de mão-de-obra local.

Em 1972, pesquisadores da área de bioengenharia da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (FEA/Unicamp) iniciaram trabalhos com a finalidade de estabelecer processos de produção de inseticida bacteriano por fermentação de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), uma bactéria mesófila e aeróbia (isto é, que vive sob temperaturas moderadas e em ambientes oxigenados).

Após uma fase de crescimento vegetativo, o *Bt* se reproduz (esporula), produzindo esporos tóxicos a certas borboletas e mariposas (lepidópteros); forma-se ainda um composto protéico, tóxico a outras borboletas e mariposas: o conjunto das duas toxinas constitui o complexo esporo/cristal. Por fermentação, o *Bt* produz essas substâncias tóxicas (alfa e delta-endotoxinas), que, isoladamente ou formando o complexo esporo/cristal, são letais para cerca de 150 espécies de lepidópteros que, na fase jovem, sob forma de lagartas, alimentam-se de plantas, atacando produtos agrícolas tanto *in natura* como armazenados. Além destas, o *Bt* produz a beta-exotoxina, uma substância termoestável que é tóxica para os insetos dípteros (moscas e mosquitos).

Até a década de 1950, o desenvolvimento de inseticidas de *Bt* permaneceu em segundo plano: os inseticidas químicos podiam ser produzidos a custos menores e tinham um espectro de atuação mais amplo.

A partir de 1970, no entanto, a resistência desenvolvida por insetos à maioria desses produtos, com os distúrbios decorrentes no balanço de suas populações, e o impacto destes sobre o meio ambiente favoreceram a pesquisa de inseticidas de *Bt*.

A produção comercial de microorganismos e de seus produtos requer a seleção de uma linhagem específica bem adaptada ao processo, que cresça sob condições econômicas de fermentação.

Para fermentarem, as células microbianas requerem água, carbono (para biossíntese e liberação de energia), nitrogênio, minerais e fatores de crescimento. As quantidades de cada componente e sua forma de apresentação variam segundo o processo utilizado. Os tanques fermentadores devem ser assépticos, preferencialmente de aço inoxidável. Como fontes de carbono, *Bt* pode utilizar amido (para produzir amilase extracelular), melão, farelos de grãos e subprodutos industriais (água-de-coco, soro de queijo etc). O nitrogênio pode ser suprido por sais de amônio, aminoácidos, peptídeos, farelos de cereais, água de maceração de milho, farinhas, extratos de levedura, hidrolisados de caseína e soro de queijo. Sais inorgânicos, como cálcio e magnésio, essenciais para a formação de esporos, podem ser acrescentados ao meio (o uso de subprodutos industriais torna isso desnecessário, por já terem eles, em sua composição, quantidades suficientes de minerais). A própria água, não destilada, pode também ser fonte de minerais.

Na Unicamp, utilizamos água de maceração de milho e melão de cana como únicos componentes do meio de cultura. Os resultados são excelentes: nove a dez bilhões de esporos por mililitro em 24 horas de fermentação em laboratório.

As condições de crescimento são estabelecidas em função do máximo rendimento em esporo/cristal tóxico, e não somente do crescimento celular. O meio de cultura é inicialmente neutro, mas durante o crescimento, em consequência da formação de ácidos orgânicos pela degradação dos carboidratos, a acidez cai a um valor próximo de cinco. Não se controla a acidez do meio, já que essa queda é propícia à formação do esporo e do cristal tóxico.

Sendo *Bt* um microorganismo dependente de oxigênio, o suprimento desse elemento é fator importante. Para evitar contaminação, o ar é injetado através de filtros e a transferência de oxigênio para o meio é auxiliada pela agitação. Além disso, como *Bt* é mesófilo, a temperatura é mantida em $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

A padronização do *Bt* pode ser feita determinando-se sua potência por meio do padrão E_{61} (*Etalon 61*, fornecido pelo "Laboratoire de Lutte Biologique" do Instituto Pasteur, da França — equivale a mil unidades internacionais por miligrama de produto), ou através da designação de unidade internacional determinada através de bioensaios, como se faz nos Estados Unidos e em outros países.



Lagarta-da-couve (*Ascia monuste*) se alimentando.

fotos cedidas pelos autores

Dada a natureza microbiana do produto, a padronização é uma questão bastante controversa. Os inseticidas químicos são padronizados com base na porcentagem do princípio ativo, mas o que define a potência tóxica de inseticidas bacterianos é o bioensaio. Este consiste em determinar-se — através de experiências feitas com um inseto, chamado inseto-teste — a dose letal média do padrão (DL_{50} do padrão) dividida pela DL_{50} do produto em teste; a multiplicação desse resultado por mil fornece a potência do produto em teste.

No início do desenvolvimento do produto comercial, a padronização era feita pela contagem de esporos (método impreciso, mas ainda utilizado por muitos pesquisadores). O método conclusivo envolve o bioensaio, que permite a mensuração em unidades arbitrárias, porém relacionadas a um padrão internacional que utilize um inseto-teste adequado. Como o inseto-teste utilizado na determinação do padrão pode não existir em certos países, é recomendável utilizar mais de um na validação dos resultados, bem como considerar, na determinação da DL_{50} , o padrão e o produto obtido.

Quanto ao uso, o inseticida bacteriano (fração endotóxica) pode ser empregado — e é mesmo recomendado pela Food and Drug Administration (FDA), dos Estados Unidos — para pragas de maçã, alcachofra, feijão, brócoli, couve, couve-flor, alho, algodão, alface, melão, batata, espinafre, tomate e soja.

Em 1966, foi proibido, nos Estados Unidos, o uso de inseticidas químicos em tabaco. Por recomendação oficial, *Bt* passou a ser usado contra *Protoparce sexta* e *Heliothis virescens* — insetos que atacam essa cultura —, com excelentes resultados.

Na FEA/Unicamp, verificamos a toxicidade do produto obtido contra a praga de grãos armazenados e de produtos hortícolas em geral. A fração exotóxica é aplicável a moscas e mosquitos. Foi aplicada com bons resultados, em nível de laboratório, contra moscas de frutas, moscas azuladas (pragas de pecuária) e a mosca doméstica.

A produção mundial de inseticidas à base de *Bt* é estimada em torno de 3.500 toneladas/ano, sendo os Estados Unidos o maior produtor, com cerca de mil toneladas/ano, seguidos da França e da Inglaterra, que, juntos, não chegam a produzir mais de 500 toneladas/ano. A produção da União Soviética, sobre a qual não se dispõe de dados exatos, é estimada em torno de 1.500 toneladas/ano.



Lagartas-da-couve (*Ascia monuste*) em folhas de couve tratadas (à esquerda) e não tratadas com *Bt* (à direita), após sete dias.

As perspectivas de uso de *Bt* parecem favoráveis, prevendo-se que a produção mundial crescerá entre 10 e 20% até 1990. Hoje, no Brasil, a demanda é da ordem de 200 toneladas/ano.

São muitas as vantagens da utilização dos inseticidas de *Bt*. Entre elas, podemos citar:

1) Tanto a delta-endotoxina como os esporos incorporados aos produtos não apresentam toxicidade para os mamíferos, predadores e insetos benéficos e, além disso, não atacam plantas. Com estas características, os produtos à base de *Bt* estão isentos de quaisquer restrições, podendo inclusive ser aplicados imediatamente antes da colheita (o que lhes confere grande interesse na proteção de culturas).

2) Até o momento, foi publicado um único artigo sobre resistência de insetos aos produtos de *Bt*, e mesmo este tem sua validade questionada por alguns cientistas.

3) O potencial de *Bt* não foi ainda explorado em toda a sua extensão. Permanece aberta a possibilidade de descoberta ou produção de novas linhagens com maior atividade ou diferente espectro de atuação (como a variedade *israelensis*).

Entre as desvantagens dos preparados à base de *Bt*, cabe mencionar:

1) O reduzido espectro de atuação que, na proteção de plantas, se limita a borboletas e mariposas. Como em certos casos deseja-se controlar simultaneamente insetos de outras ordens, o uso de *Bt* fica limitado, uma vez que só os produtos químicos têm tal atividade. Não há, porém, incompatibilidade entre o uso de *Bt* e o de inseticidas químicos, o que, num controle integrado, é extremamente vantajoso.

2) A produção de novas linhagens de *Bt* permanece desprotegida, não podendo suas

patentes ser depositadas, o que desencoraja o desenvolvimento de pesquisas pela indústria.

3) O uso de *Bt* não é simples: é necessário conhecer o tempo correto de aplicação, enquanto os produtos químicos são geralmente aplicados de forma profilática. Embora a delta-endotoxina tenha uma ação rápida, os insetos morrem lentamente, e os agricultores estão acostumados aos efeitos imediatos dos inseticidas químicos.

4) *Bt* deve ser ingerido pelos insetos-alvo. A atividade de alimentação dos insetos depende tanto de condições do ambiente, como temperatura, luz e umidade, quanto da qualidade do alimento. Se não há toxina suficiente incorporada na ração, a larva se recupera das lesões provocadas pela toxina no trato digestivo e volta a se alimentar após dois ou três dias.

Até o momento, os altos custos dos inseticidas de *Bt* importados têm dificultado o trabalho de difusão do produto. A possibilidade da produção nacional, com equipamento desenvolvido no país e utilização de subprodutos, abre uma perspectiva mais favorável.

As patentes de produtos à base de endo e exotoxinas de *Bt* estão sendo oferecidas a indústrias de fermentação, especialmente aquelas com linhas assépticas de produção. Há duas patentes do processo produtivo: uma delas valeu a uma de nós (Iracema de Oliveira Moraes) o Prêmio Governador do Estado de São Paulo em 1985.

Iracema de Oliveira Moraes

Faculdade de Engenharia de Alimentos,
Universidade Estadual de Campinas

Deise M. F. Capalbo

Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da
Agricultura,
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Redes de computadores de alta velocidade: uma solução nacional

O crescimento da indústria de microeletrônica vem colaborando substancialmente para a disseminação de pequenos sistemas, como microcomputadores e estações de trabalho, que estão mudando o perfil do usuário. Isso se evidencia com a crescente descentralização geográfica e funcional dos ambientes computacionais, tradicionalmente mantidos em torno de uma grande máquina. A distribuição mais equitativa dos centros de processamento vem impor uma nova necessidade: a de estabelecer uma interligação entre os pequenos sistemas, para possibilitar a troca de informações e o uso comum de recursos caros, como impressoras e traçadores gráficos. A solução tecnológica encontrada para o compartilhamento dos recursos computacionais foi a criação de redes de comunicação ou de computadores.

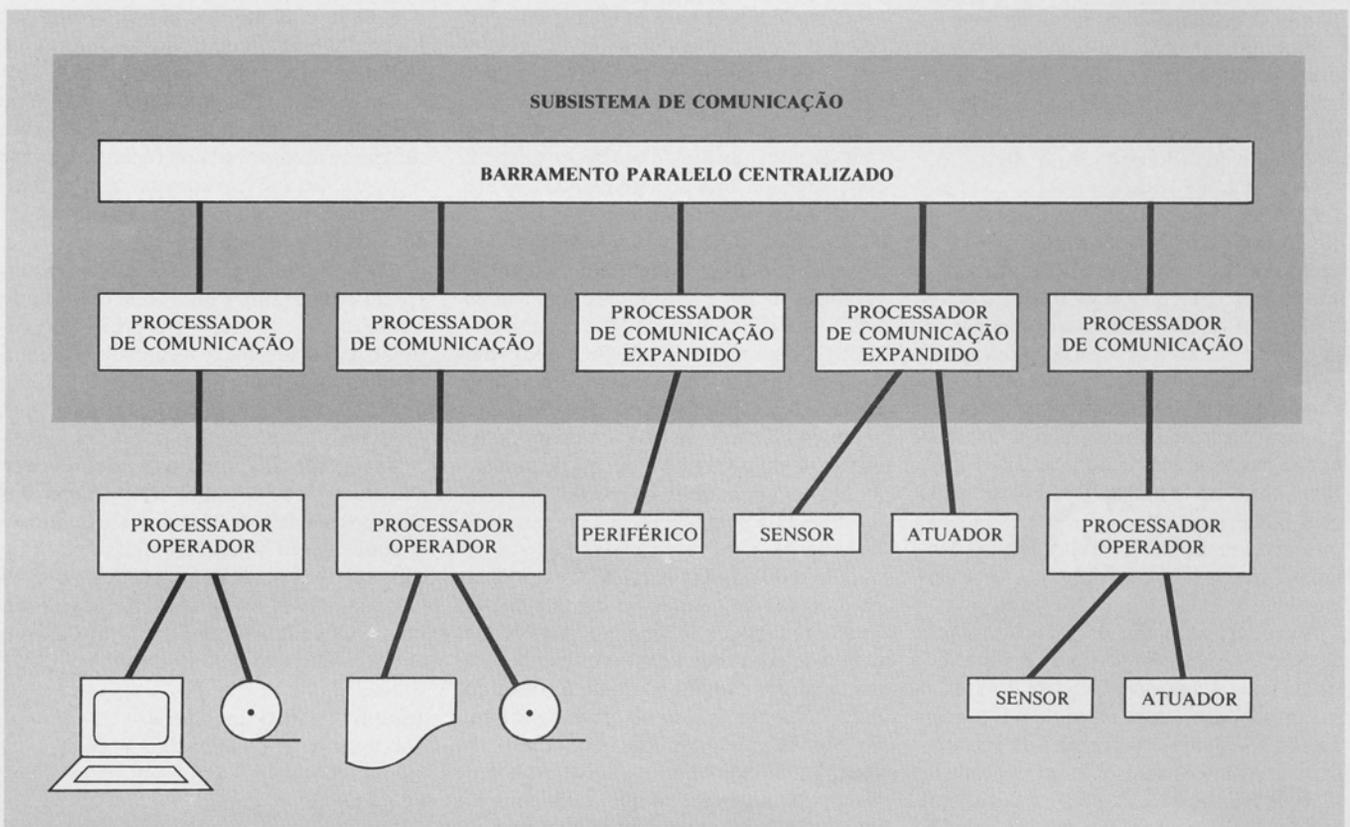
Denomina-se rede local de computadores aquela que interliga uma grande varie-

idade de dispositivos de comunicação de dados, dispersos a nível local. As redes locais vêm se multiplicando e hoje alcançam diversas aplicações em universidades, indústrias e empresas em geral. Para elaborar uma rede desse tipo podem ser utilizadas diferentes topologias e técnicas de acesso ao meio compartilhado.

As topologias mais usadas são barramento e anel, correspondendo às técnicas de acesso CSMA-CD e passagem de *token* respectivamente. No entanto, essas soluções apresentam muitas limitações quanto à velocidade de transmissão, tolerância a falhas e comportamento não determinístico. As limitações restringem algumas aplicações, principalmente as de tempo real, onde as restrições são bem mais rígidas, obrigando o sistema a ter um comportamento confiável e determinístico durante todo o seu funcionamento. Alguns exemplos dessas aplicações são controle de pro-

cessos, tratamento de imagens e sistemas de radar. As poucas alternativas encontradas internacionalmente para esses casos específicos são de custo muito alto e aumentam a dependência externa tanto em termos de *hardware* como de *software*.

Têm-se procurado formas de superar as limitações, adotando uma tecnologia de circuitos integrados mais rápida ou empregando arquiteturas não convencionais que explorem o paralelismo para o aumento da velocidade, e que dependem muito da criatividade na elaboração do projeto. No Brasil, a segunda opção é a mais viável a curto prazo. A alternativa consiste na utilização de técnicas de multiprocessamento e de distribuição para o projeto de redes de alta velocidade, usando componentes e materiais disponíveis no mercado nacional, como, por exemplo, a tecnologia TTL e a fibra óptica.



A figura mostra a conformação genérica da rede local de computadores, desenvolvida no Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

A técnica de multiprocessamento está associada à existência de vários processadores de comunicação interligados por um barramento curto, paralelo, de alta velocidade e confinado em um gabinete. A técnica de distribuição é usada na elaboração dos circuitos de disputa do barramento — que concorrem ao uso do meio de comunicação — e dos circuitos de tolerância a falhas, contidos nos processadores de comunicação, resultando na repetição e autonomia dos mesmos.

O uso da fibra óptica vem aumentando significativamente, graças a suas características de alta frequência de transmissão de dados e imunidade a ruídos, entre outras. Este material não tem sido bem explorado nas redes locais tradicionais; o seu uso, neste projeto, é perfeitamente viável e simples, pois, não precisa de bifurcações da luz, uma vez que as ligações são ponto a ponto.

Um projeto de rede local de alta velocidade, com base em um subsistema de comunicação, foi desenvolvido no Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos, com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A rede é formada por um barramento paralelo, curto e centralizado e por processadores de comunicações que interligam processadores operadores (computadores hospedeiros) dispersos num ambiente (ver figura). Tanto na concepção como na implementação do projeto do subsistema deu-se ênfase às questões referentes a crescimento incremental, tolerância a falhas, confiabilidade e tempo crítico, já que havia interesse em utilizá-lo, também, em sistemas distribuídos.

O crescimento incremental é garantido com o uso de técnicas de distribuição na elaboração dos processadores de comunicação. O acesso ao barramento comum é obtido pelo funcionamento paralelo dos circuitos distribuídos de disputa, situados nos processadores que estiverem competindo num dado momento, resultando em apenas um processador para transmitir a informação.

Há várias maneiras de conseguir a tolerância a falhas: o uso de linhas redundantes no barramento paralelo; a utilização de circuitos dedicados para o tratamento de falhas; a alteração do modo de transferência da informação (através de mecanismos de reconfiguração do meio de comunicação) e o uso de circuitos redundantes e procedimentos de testes.

A confiabilidade é decorrente das técnicas empregadas para a tolerância a falhas, da proteção física conseguida pela centralização do barramento paralelo, e da compactação que reduz a ocorrência de interferência.

O tempo crítico, estabelecido para o pior caso de funcionamento, define o tempo máximo de espera para o acesso ao barramento, tendo em vista os limites do número de processadores e a taxa de transmissão das linhas do barramento. Levando em conta que a taxa de transmissão em uma linha é definida pela arquitetura e pelo tipo de circuito integrado que se emprega, o aumento da taxa de transmissão no barramento se obtém com o acréscimo de linhas paralelas.

Este projeto abordou uma arquitetura não convencional de redes que, do ponto de vista macroscópico, é uma estrela e, do ponto de vista de implementação, é um barramento paralelo com controle distribuído. Isso faz com que a arquitetura possua as vantagens das topologias em estrela e em barramento simultaneamente. A centralização do subsistema de comunicação, além de facilitar a manutenção, contribui bastante para o aumento da segurança do sistema. Este poderá ser colocado dentro de uma sala bem protegida, de maneira que os riscos de ruptura nas ligações incidirão com maior frequência nos cabos externos, comprometendo somente a comunicação individual de cada processador operador com o subsistema, sem afetar sensivelmente o funcionamento do conjunto.

Fora as aplicações tradicionais de redes, como automação de escritórios e servidores de maneira geral — que fornecem um serviço comum —, este projeto pode ser utilizado para controle de processos, transmissão de dados, voz e imagem, em situações que exijam alta frequência de transmissão de informações e tempos determinísticos de comunicação, que garantem o atendimento dentro de um limite de tempo preestabelecido.

Um protótipo reduzido do subsistema está em fase final de implementação. Ele consiste em três processadores de comunicação interligados pelo barramento paralelo centralizado, montados em um gabinete com capacidade para oito nós de comunicação, conforme a configuração genérica apresentada na figura. Atualmente, o *hardware* encontra-se depurado e as placas referentes aos processadores de comunicação estão em fase de reprodução para a ampliação do sistema. O *software* desen-

volvido compõe-se das rotinas básicas de comunicação entre os elementos do sistema e do supervisor do processador de comunicação. Sua ampliação, que consiste na construção de primitivas de sincronização e comunicação entre processos e outras primitivas básicas de interesse de sistemas distribuídos, já está em andamento para a elaboração de um núcleo de sistema operacional distribuído.

Depois da elaboração do projeto e da montagem do primeiro protótipo da rede, foi possível levantar alguns dados importantes sobre a estrutura do sistema, obter resultados de seu funcionamento e realizar considerações de caráter geral. As medidas de desempenho da rede foram boas, pois conseguiu-se obter uma taxa de transferência próxima de 100 milhões de bits por segundo (100 megabits/s). Esta taxa pode ser bastante ampliada através do acréscimo de outras linhas no barramento paralelo.

Para facilitar a implementação do primeiro protótipo reduzido do subsistema, foram utilizadas duas placas para cada processador de comunicação, uma funcionando como interface com o barramento e a outra como unidade de controle. Isto possibilitou o emprego de microprocessadores na placa de controle, numa primeira etapa, devendo evoluir para um *hardware* específico de velocidade bem mais alta.

As redes locais disponíveis no Brasil operam em faixas da ordem de algumas unidades de megabits/s, podendo atingir algumas dezenas de megabits/s com o uso de tecnologias mais avançadas e sensivelmente mais caras. Em comparação com estas redes, a taxa de transferência, obtida como resultado no barramento paralelo centralizado, demonstrou ser bastante superior, além de poder ser aumentada, conforme já foi mencionado.

A obtenção de taxas de transmissão elevadas em redes locais, acima dos limites atualmente praticados, vem possibilitar o uso das mesmas em outros tipos de aplicações, além de melhorar o desempenho das aplicações tradicionais. Desta forma, conseguiram-se superar as limitações de redes locais com recursos disponíveis no país, explorando-se principalmente os aspectos de arquitetura.

Eduardo Marques

Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos,
Universidade de São Paulo

Cláudio Kirner

Departamento de Computação,
Universidade Federal de São Carlos

FISIOLOGIA

POR QUE AS GIRAFAS NÃO TÊM INCHAÇÃO?

Entre os mamíferos, o coração é constituído de duas bombas ligadas em série. Uma delas, chamada “coração direito”, compreende o átrio direito e o ventrículo direito. O primeiro recebe o sangue venoso proveniente de todo o organismo e o transfere para o ventrículo direito; este, por sua vez, bombeia-o para a circulação pulmonar, onde é oxigenado. A outra bomba, ou “coração esquerdo”, compõe-se do átrio esquerdo, que recebe o sangue da circulação pulmonar, e do ventrículo esquerdo, que o lança na aorta, para a circulação geral do organismo.

As pressões no sistema circulatório têm por referencial a pressão atmosférica, considerada a pressão zero. Nas veias, as pressões são em geral de pequena magnitude, chegando a zero no átrio direito. Já nas artérias de pessoas jovens e normais, a pressão gerada pela sístole (contração) do ventrículo esquerdo atinge valores em torno de 120 mmHg (milímetros de mercúrio, unidade de medida de pressão), enquanto a pressão durante a diástole (relaxamento) ventricular oscila em torno de 70-80 mmHg.

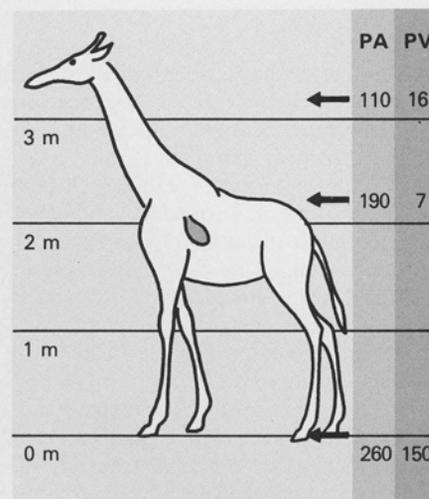
Esses valores, medidos no nível do coração, sofrem influência da pressão hidrostática, que alcança valores expressivos quando o indivíduo está de pé. De fato, segundo a lei da hidrostática, formulada pelo físico francês Blaise Pascal (1623-1662), a pressão na superfície de uma coluna líquida, vertical e aberta é igual à pressão atmosférica; mas a pressão hidrostática (P) aumenta linearmente com a profundidade ($P = h \cdot d \cdot g$, onde h = altura da coluna acima do ponto medido; d = densidade do líquido e g = aceleração da gravidade = 980 cm/s^2). Assim, a pressão hidrostática faz com que tanto os valores da pressão venosa quanto os da pressão arterial sejam muito aumentados abaixo do nível cardíaco e bastante diminuídos nos vasos situados acima dele (o nível cardíaco de referência zero é o da valva átrio-ventricular direita, ou valva tricúspide).

Deste modo, num homem de pé, a pressão venosa — que é próxima de zero no nível cardíaco — pode atingir 90 mmHg nas

veias dos pés e é negativa nas veias da cabeça e do pescoço. Já a pressão arterial média, que é de aproximadamente 90 mmHg no nível do coração, eleva-se a cerca de 170 mmHg nos pés e cai a aproximadamente 60 mmHg nas artérias da cabeça. Estes valores permitem deduzir que, entre animais de maior estatura (como a girafa, que pode medir até quatro metros), os fatores hidrostáticos exercem influência maior sobre as pressões arterial e venosa, tanto abaixo quanto acima do coração.

Trabalhos recentes — um de Alan R. Hargens e colaboradores*, da Divisão de Ortopedia e Reabilitação da Universidade da Califórnia em San Diego (EUA), outro de T. J. Pedley**, do Departamento de Matemática Aplicada e Física Teórica da Universidade de Cambridge (Inglaterra) — revelaram que, na girafa, a pressão arterial média, no nível do coração, é de cerca de 200 mmHg, duas vezes maior que no homem. Quando o animal está em posição ortostática, a pressão arterial no nível do pé é de 260 mmHg e a pressão venosa no mesmo nível é de 150 mmHg. Na região mais alta do pescoço, as pressões arterial e venosa são, respectivamente, de 110 e 16 mmHg.

No homem, valores elevados de pressão arterial e, principalmente, de pressão venosa, elevam a pressão capilar, o que ocasiona a formação de edema (inchaço) nos tecidos. A capacidade de filtração ou reabsorção de fluido pela rede capilar, nos tecidos, depende essencialmente do grau de permeabilidade e da área dos capilares, da pressão que força a transferência de água de dentro para fora da circulação, ou vice-versa, determinada principalmente pelas proteínas plasmáticas e intersticiais (pressão coloidosmótica), e das pressões hidrostáticas presentes nos capilares e no interstício tecidual. Assim, quanto maior for a pressão hidrostática capilar e menor a pressão coloidosmótica no plasma, maior será a filtração de fluido para os tecidos e menor a reabsorção dos tecidos para o plasma. Como a pressão coloidosmótica do plasma da girafa não difere daquela do



Valores de pressão arterial (PA) e venosa (PV), em milímetros de mercúrio, a diferentes alturas no corpo da girafa.

plasma humano, esse fator não deve contribuir para uma maior reabsorção de água dos tecidos para os vasos. Mas, na girafa, a pressão coloidosmótica dos tecidos é pequena, e este é um fator antiedema. Verificou-se também que, nela, os tecidos das pernas são envoltos por fáschia e pele muito apertadas, que se ajustam de forma a produzir os efeitos de uma “meia contra varizes”, impedindo a congestão dos vasos das pernas e o acúmulo de líquido nos tecidos, isto é, a formação de edema.

De forma semelhante ao que ocorre no homem, outro fator que facilita o retorno do sangue ao coração e reduz a pressão nas veias periféricas da girafa é a contração dos músculos das pernas, quando ela se locomove. A contração muscular comprime os vasos sanguíneos e linfáticos, atuando como uma poderosa “bomba periférica”, coadjuvada pela presença de válvulas venosas e linfáticas.

Em síntese, embora a altura do animal o predisponha a edema nas pernas, este não se forma nas girafas graças à “meia contra varizes”, à acentuada vasoconstrição arteriolar, que ocasiona a redução da pressão hidrostática capilar, e à pequena pressão coloidosmótica nos tecidos. Ademais, quando a girafa se locomove, a contração muscular favorece o retorno venoso e linfático, reduzindo a possibilidade do acúmulo de líquido no interstício, o que certamente ocasionaria a formação de edema.

* *Nature*, vol. 329, p. 59-60, 1987

***Nature*, vol. 329, p. 13-14, 1987

Lineu Freire-Maia e Alvaro D. Azevedo
Instituto de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Minas Gerais

**POR QUE SERÁ QUE A GRANDE
MAIORIA DAS PESSOAS
ACREDITA QUE TODA MULHER
BONITA É BURRA,
TODO ESPANHOL É BRIGUENTO,
TODO CORINTIANO
É SOFREDOR, TODO PESCADOR
É MENTIROSO E QUE TODA
VIOLÊNCIA CONTRA
O MEIO AMBIENTE É CAUSADA
PELA PETROQUÍMICA?**

 **OXITENO**

O maior risco não é viver com a química. É viver sem ela.

BIOTECNOLOGIA

UM CANHÃO DE GENES

A introdução, e posterior expressão, em plantas superiores, de genes que lhes conferem características de valor econômico tem apresentado resultados significativos. Um exemplo é a introdução de certos genes de bactérias e fungos em plantas cultivadas, tornando-as capazes de resistir a certos insetos-pragas e a herbicidas, respectivamente.

Um dos processos empregados na introdução de genes em vegetais superiores envolve a utilização de uma bactéria fitopatogênica do gênero *Agrobacterium*. Esse microorganismo possui um plasmídeo (segmento de ácido desoxirribonucléico, ou ADN) que, uma vez dentro da planta, integra-se ao material genético nuclear da mesma, funcionando assim como veículo ou vetor para a introdução das características desejáveis. Outra técnica disponível é a eletroporação. Nela, protoplastos de células da planta a ser modificada — isto é, células desprovidas da parede celular (ver “A recriação das plantas”, em *Ciência Hoje* n.º 32 p. 17) — são submetidos a descargas elétricas. Isto produz a formação de poros na membrana, pelos quais os ácidos nucléicos — como o ADN, que é o material genético — podem penetrar, com o auxílio de um produto químico chamado polietileno-glicol.

Estes dois processos, no entanto, apresentam limitações. As bactérias usadas no primeiro são específicas para certas plantas, e seu plasmídeo não pode ser utilizado como vetor em vegetais de grande valor econômico como o arroz, o trigo e outras gramíneas. Também a eletroporação deixa a desejar. Embora sejam de fácil obtenção, os protoplastos nem sempre são capazes de regenerar e produzir plantas adultas, e a introdução de material genético em células que não sofrem regeneração tem pouco valor prático. Outros sistemas disponíveis, como o que utiliza certos vírus como vetores, também apresentam sérios problemas.

Recentemente, graças ao trabalho conjunto de três departamentos da Universidade de Cornell (EUA), foi proposto um novo processo de introdução e expressão de ácidos nucléicos em plantas superiores*.

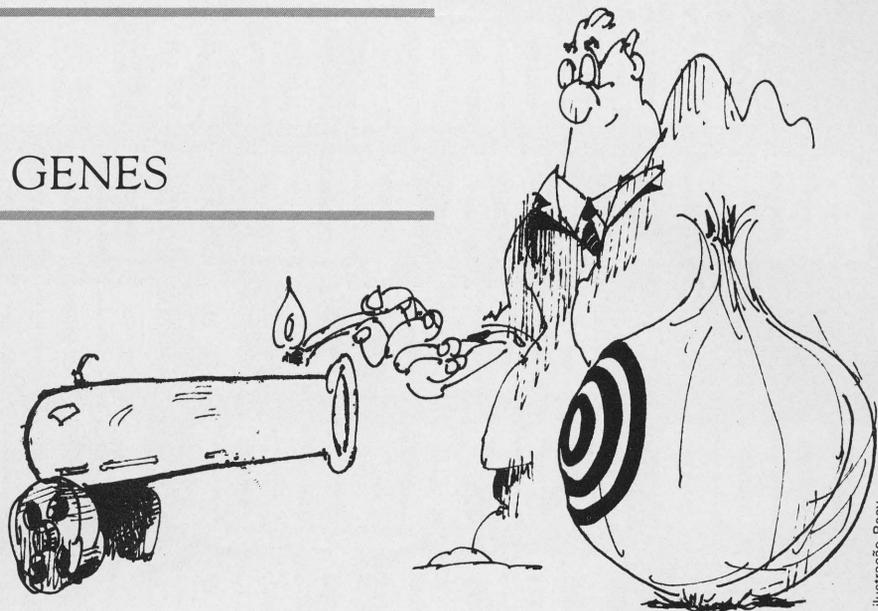


ilustração Racy

Os pesquisadores Klein, Wolf, Wu e Sanford utilizaram partículas aceleradas de tungstênio para introduzir material genético em células de cebola. Por meio de um acelerador de partículas, foi atingido um alvo constituído por um tecido de cebola localizado a cerca de 15 cm de distância. As partículas em questão são esferas de cerca de quatro micrometros (um μm é a milionésima parte do metro) de diâmetro, que penetram no alvo como microprojéteis. Cerca de 90% das células do tecido tratado continham uma ou mais partículas de tungstênio em seu interior e, o que é mais importante, não tinham sido muito afetadas pela penetração das mesmas. Só aquelas atingidas por grande número de microprojéteis não se mantinham viáveis.

Pondo as esferas de tungstênio em contato com o ácido nucléico de um certo vírus — o vírus do mosaico do tabaco (TMV) —, os pesquisadores verificaram que, ao penetrar nas células da planta, o ácido ribonucléico (ARN) desse vírus era adsorvido à superfície das partículas que o transportavam. Comprovaram que esse ARN fora capaz de se expressar nas células da cebola porque, após certo tempo, encontraram no interior das mesmas a proteína que constitui o vírus.

Num experimento subsequente, os microprojéteis foram tratados com o ADN de um plasmídeo bacteriano, o p35S-CAT, que contém um gene que produz a enzima cloranfenicol-acetil-transferase (CAT). O ADN introduzido por esse processo expressou o gene CAT, como ficou demonstrado pela produção da enzima correspondente.

Segundo Klein e colaboradores, o novo processo apresenta uma série de vantagens em relação aos já conhecidos. Em primeiro lugar, por não requerer o cultivo ou o pré-tratamento de células, permite a utilização de qualquer tecido, como meristemas e calos embriogênicos (estruturas que se assemelham a embriões normais de plantas). Além disso, requer quantidades mínimas de ADN e é rápido, permitindo o teste de muitas amostras em pouco tempo. Finalmente, aplica-se em princípio a qualquer tipo de célula vegetal, superando assim as limitações dos processos anteriormente utilizados. Sem dúvida o processo precisará sofrer ainda alguns refinamentos: as células de cebola são muito grandes, e será preciso verificar como células menores reagem à introdução de microprojéteis de tungstênio.

Caso se mostre eficaz com outras espécies além da cebola, o novo processo promete ser um poderoso auxiliar na introdução de material genético em plantas, representando um passo significativo no desenvolvimento das tecnologias de engenharia genética em vegetais. O trabalho — que envolveu os departamentos de Horticultura, Engenharia Elétrica e Bioquímica — demonstrou também como é profícua a interação entre diferentes áreas de uma universidade.

* *Nature*, vol. 327, p. 70-73, 1987

A MEMÓRIA EM AÇÃO

O uso da linguagem é para nós tão “natural” que raramente nos detemos para avaliar sua complexidade. Ao conversar com um amigo, observe. Verá que pode receber extensa informação verbal e, ainda assim, não só captar a idéia como recordar depois frases inteiras. Do mesmo modo, ao ler um livro, você geralmente não precisa reler o primeiro capítulo ao chegar ao terceiro. Em ambos os casos, a quantidade de informação processada é extremamente vasta, enquanto os processadores que realizam a tarefa têm capacidade limitada. Como isto é possível? É esta uma das grandes questões que desafiam as ciências cognitivas.

Classicamente, distingue-se entre memória de longo prazo e memória de curto prazo. Segundo os neuropsicólogos norte-americanos Larry Squire e Stuart Zola-Morgan, a primeira compreende a memória declarativa e a memória de procedimentos. A memória declarativa envolve a memória episódica (autobiográfica: referente ao próprio indivíduo e com marca temporal) e a memória semântica (referente a fatos sobre o mundo). A memória de procedimentos é a que nos permite desenvolver habilidades perceptomotoras, como dirigir um automóvel ou datilografar.

A memória de curto prazo inclui o que o filósofo e psicólogo norte-americano William James (1842-1910) chamava de memória primária e que o psicólogo inglês Alan Baddeley e colaboradores concebem como memória operacional. A memória primária, para James, se caracterizava pelo papel da atenção e por sua capacidade limitada. Já o conceito de memória operacional é mais complexo, admitindo que a informação não é simplesmente guardada como chega, sendo modificada por um processador central de capacidade limitada. Desenvolvimentos recentes do conceito de memória operacional sugerem a existência de processadores centrais múltiplos.

É indubitável a existência de uma relação entre o processamento de uma informação e a duração de seu armazenamento. Se projetarmos um *flash* (mas não um estímulo auditivo) milissegundos (ms) após a apresentação visual de uma letra, não ha-

verá registro dela. Isto mostra que, nos primeiros segundos após sua aquisição, a informação é armazenada de um modo que preserva suas características físicas (na modalidade visual, essa memória é chamada icônica e na modalidade auditiva, ecóica). Sabe-se também que, passado um certo tempo, a informação pode assumir uma representação abstrata, que independe de modalidade sensorial. Assim, ao lermos um texto, não memorizamos as letras que compõem as palavras, mas o significado destas.

Em artigo recente*, o comentarista científico norte-americano Mitchell Waldrop discute dados apresentados pelos psicólogos Patricia Carpenter e Marcel Just, da Universidade Carnegie-Mellon (EUA). Segundo Carpenter e Just, a informação verbal mantida na memória dita “de curto prazo” não permanece passiva: é elaborada, processada. Por isso a expressão “de curto prazo”, que sugere passividade, não seria adequada. Como alternativa, propõem a denominação “memória operacional”, que expressa o dinamismo do processamento. Essas idéias são perfeitamente compatíveis com o conceito de memória operacional exposto por Baddeley e colaboradores. Segundo eles, como vimos, o processador extrai o significado da informação quase imediatamente, o que é compatível com o fato de que, ao lermos um texto, tendemos a memorizar não as palavras, mas as idéias que expressam.

Waldrop descreve alguns experimentos que demonstram o dinamismo do processamento de informação na memória operacional. Num deles, uma pessoa observa um texto, no vídeo de um computador, enquanto um aparelho determina, a cada instante, sua fixação ocular. Demonstrou-se assim que, ao lermos, pulamos uma ou duas palavras do texto, entre outras. Outro experimento visava testar a hipótese de que a informação supérflua tem vida curta na memória operacional, ao contrário da informação crítica, relevante para a compreensão do texto. Enquanto a pessoa deslocava o olhar ao longo de um texto em que letras maiúsculas e minúsculas se alternavam, as maiúsculas eram trocadas por minúsculas, e vice-versa, sem que o leitor

percebesse, já que seus olhos estavam em movimento. Como se esperava, essa alteração foi completamente ignorada, o que sugere uma permanência na memória operacional de menos de 15 ms, tempo médio de deslocamento dos olhos de uma fixação para outra. Outros experimentos demonstraram que a inserção de uma cláusula entre o sujeito e o verbo de um frase — como em “O gato que o cachorro mordeu comeu o gato” — implica um aumento na carga de processamento na memória operacional, principalmente no ponto de transição entre o verbo da cláusula e o da frase (no exemplo, entre “mordeu” e “comeu”).

Carpenter atribui diferenças individuais na leitura a diferenças na eficiência e na capacidade da memória operacional. O tempo que uma pessoa dedica a cada palavra depende de dois fatores: o tamanho (quanto maior a palavra mais prolongada a fixação) e a frequência (quanto maior a frequência, menor o tempo de fixação). Lê mais rápido quem compreende mais depressa o significado das palavras.

O mesmo autor formulou a hipótese de que, nos indivíduos que lêem rapidamente, a capacidade da memória operacional poderia ser aumentada pelo acesso à memória de longo prazo (neste caso, memória declarativa semântica). Parte da evidência utilizada em favor da hipótese foi fornecida por uma pessoa que, com treinamento, conseguiu aumentar sua evocação imediata de dígitos de cerca de sete para 84! Tratava-se de um aluno de pós-graduação que passou a agrupar os dígitos em blocos, associando-os a dados armazenados em sua memória semântica (ex.: o recorde numa corrida), ampliando assim sua memória de curto prazo, ou melhor, operacional.

As idéias de Carpenter sobre a relação entre leitura e capacidade de memória operacional encontram respaldo em observações neurocomportamentais feitas em crianças com distúrbios de aprendizado. Seria interessante aplicar sua metodologia em crianças disléxicas, que têm dificuldade em aprender a ler. Por outro lado, resta avaliar aspectos imaginativos da memória operacional, estudados por Hitch e Halliday em crianças normais e relatados pelo neuropsicólogo soviético Aleksandr R. Luria em seu famoso estudo *The mind of a mnemonist* (1968).

Science, vol. 237, p. 1.564-1.567, 1987

Gilberto Ney Ottoni de Brito
Instituto Biomédico,
Universidade Federal Fluminense

**“Em entrevista publicada em
Ciência Hoje n.º 37, Sérgio Paulo Rouanet
aborda de passagem o tema da hermenêutica.
Gostaria de saber mais a respeito.”**

Lucas Oliveira Portella, Olinda (PE)

Talvez uma boa maneira de iniciar uma conversa sobre hermenêutica seja através de uma cilada. Por que não?

Todos já ouvimos uma expressão que, à força de ser repetida, nos soa tão familiar quanto evidente: “visão científica do mundo”. Atire a primeira pedra quem nunca a empregou, nunca pensou em fazê-lo ou não consideraria natural recorrer a ela para se opor à “mera opinião”, às “mistificações”, à “ideologia”, aos “subjetivismos”, enfim, às “visões não científicas do mundo”. Moeda corrente em nossos jogos de linguagem cotidianos, essa expressão é significativa e reveladora. Quantas idéias não parecem ficar claras e distintas quando a utilizamos?

No entanto, se meditarmos detidamente sobre ela, ficaremos surpresos com sua inconsistência. Simplesmente não pode haver, a rigor, uma “visão científica do mundo”: a ciência não tem nem oferece uma “visão” de seu objeto e muito menos o “mundo” pode ser considerado um objeto da ciência, qualquer que ela seja. Aliás, se posso legitimamente dizer “qualquer que ela seja”, é porque há várias ciências. Mesmo que se suponha existir um campo unificado ao qual, em algum nível, se refeririam as ciências, nem esse campo corresponde ao que entendemos por “mundo” na linguagem corrente, nem as ciências identificam seus recortes estratégicos com “mundos” particulares, desde que a palavra seja usada sem maiores prejuízos semânticos.

Paradoxalmente, contudo, há um poderoso conteúdo de verdade no enunciado que, por tantos bons motivos, repelimos acima. Devemos a Edmund Husserl, pai da corrente filosófica chamada fenomenologia, uma observação que marcou decisivamente a crítica ao positivismo (ao cientificismo ingênuo e arrogante, se quisermos simplificar) desenvolvida em nosso século: há na ciência um mundo de pressuposições que, sem se confundir com seu discurso, o torna possível; ao preço, porém, de condicioná-lo, submetendo-o a um horizonte específico. Mais tarde, na história recente dos debates filosóficos, esse horizonte veio a corresponder ao domínio das tradi-

ções transportadas na linguagem — campo em que conhecimentos, visões inteligíveis e sentidos emergem.

Do “horizonte” husserliano, entendido como “mundo da vida”, à linguagem na filosofia de Martin Heidegger, e daí à tradição ou à “história-eficaz” na obra de Hans Georg Gadamer, há muitas rupturas, tensões, muitos atalhos sinuosos, além da pura continuidade intelectual. De todo modo, preserva-se a idéia básica: pré-compreensões atuam inevitavelmente nos bastidores inconscientes em que se engendram as proposições, mesmo as científicas. E não se trata de fantasmas recalcados na subjetividade do cientista — questão que, embora interessante, passa ao largo da problemática dos pensadores que têm retomado, em nosso tempo, a reflexão sobre a hermenêutica. Trata-se, isto sim, de todo um “mundo” que, antes de cada proposição científica, constitui o sujeito que a enuncia, o objeto que ela concebe e a natureza particular de sua inter-relação, da qual deriva a possibilidade de formulação do próprio discurso científico.

Resumindo: ainda que não haja uma “visão científica do mundo”, está envolvido na prática da ciência e impregnado em seu discurso um “mundo”, não na forma de uma visão, mas enquanto condições de possibilidade da perspectiva própria com que cada ciência recorta a matéria para produzir fenômenos, isto é, objetos dotados de inteligibilidade.

Se isso acontece nas chamadas ciências da natureza, apesar de todo o seu esforço em expurgar interveniências externas à observação, com mais razão ocorre nas ciências ditas humanas, em que sujeitos e objetos se confundem mais facilmente ainda. Que não dizer, então, da experiência cotidiana do homem comum?

Estamos mergulhados num mundo histórico de cultura e tradições, numa floresta de símbolos, e só pensamos, nos comunicamos, compreendemos ou agimos significativamente a partir desse quadro de referência — tão onipresente quanto fugidio, invisível, resistente ao controle e à plena codificação —, ainda quando o transformamos.



Extraído de *Prognostica Socratis Basilei*

Sempre que se trata de sentido, de linguagem, estamos condenados às limitações impostas pelo horizonte que resulta da projeção de nossa pré-compreensão, determinada pelas tradições, com as quais não cessamos de dialogar. A este diálogo, autores contemporâneos, como Gadamer, têm chamado hermenêutica, ou interpretação. Nêle, se repõem tradições apropriadas a partir de nossa imersão no “mundo” muito específico que circunscreve nossa possibilidade de atribuição de sentido. Por isso essa apropriação ou tradução consiste antes em redefinição que em reiteração do já dado. Daí se entende o caráter essencialmente aberto da idéia de horizonte, que indica, portanto, além de limite, disponibilidade criativa, ou seja, receptividade para acolher outras tradições, outras culturas — esta a origem da célebre metáfora “fusão de horizontes”.

É preciso acentuar um ponto muito importante: esse diálogo que todos travamos com as tradições que nos constituem está presente, como projeção (eventualmente criativa) de pré-compreensões, em todas as nossas práticas significativas. Donde se conclui que as práticas a que atribuímos ou de que derivamos sentido são sempre mediadas pela arte da interpretação ou pela hermenêutica. E mais, a mediação interpre-

conquista 101-151, 1003 Buenos Aires - Lloyds International House, 44 Pitt Street, Sydney, N.S.W. 2000 - Bolam House, King an
 , Nassau - Office 11, Manama Centre, 96 - **R. XV de Novembro, 165 - (011) 231-7133, São Paulo** - Government Avenue,
 Avenue de Tervuren, B-1040 Brussels - Suite 2500, Commerce Court North, 25 King Street West, Toronto - 750 West Pender Str
 ncouver B.C. V6C 2T7 - 4 th Floor - **R. da Alfândega, 33 - (021) 211-2332 Rio de Janeiro** - West Wind Building, N. Chur
 ge Town - Calle Moneda 1040, Oficina 702, 7º Piso, Santiago - Carrera 8 No. 15-46, 2nd Floor, Office Nos. 202/5, Bogotá - Esqui
 ral y Avenida Central - **R. XV de Novembro, 275 - (091) 224-4022, Belém** - (Cosiol Building), San José - Avenida Amazon
 quina Jerónimo Carrión, Quito - 44 Mohamed Mazhar Street, Zamalek, Cairo - 2a Calle Oriente 215, San Salvador - 43 Boulevar
 ucines 75002 Paris - Westendstrasse 28 - **Av. João Pinheiro, 580 - (031) 201-9133, Belo Horizonte** - D-6000 Frankfurt/M
 oldstrasse 7, 8000 München 40 - Munich - 8a Avenida 10-67, Zona 1, Guatemala City - 5a Avenida y 4a Calle, Tegucigalpa D.C.
 ivalry Centre, Tower 1, 18 Harcourt Road - **Av. W3, CRS 506, Bl. B 21/23 Scrs. - (061) 242-9988, Brasília** - Kanishka St
 , 19 Ashok Road, New Delhi 11001 - Tira Building, Ground Floor, Jalan H.R. Rasuna Said Kav B3, Kuningan, Jakarta - 199 Abb
 nue (Mahnaz Crossroads) - **Av. Francisco Glicério, 1477 - (0192) 31-9011, Campinas** - Theran 15 - Piazza Velasca 9, 20122
 floor, Ote Centre Building, 1-3, Otemachi 1-chome, Chiyoda-Ku, Tokyo - Kawaramachi Building 2nd Floor, 71, 5-chome, Kawara
 shi-Ku, Osaka - Room 1508, Samsung Main Building - **R. Marechal Deodoro, 862 - (041) 222-7011, Curitiba** - 250 Taepyeong
 oong-Ku, Seoul, Republic of Korea - 28th Floor, Bangunan Pernas, Jalan Raja Laut, Kuala Lumpur - Paseo de la Reforma, 450, 3er
 onia Centroamérica, Frente a Ferretería Comfesa - **R. Guilherme Moreira, 147 - (092) 234-5329, Manaus** - Managua - Plot
 kumbo Ademola Street, Victoria Island, Lagos - Avenida Manuel María Icaza 8, Campo Alegre - I.P.I. Building, 2nd Street, Iae,
 vince - Calle Palma, esquina Calle Juan E. O'Leary - **R. General Câmara, 249 - (0512) 24-2688, Porto Alegre** - Asuncion -
 aya 442, Lima - 6813 Ayala Avenue, Makati, Metro Manila - Rua Aurea 40-48, 1100 Lisbon - 50 Raffles Place, 18-01/06 Shell Towe
 90, Madrid 6 - 2nd - **R. do Fogo, 22 - (081) 231-0044, Recife** - Floor, Mercantile House, 55 Janadhipathi - Mawatha, Colom
 nstrasse, 8001 Zürich - 66 Nanking East Road, Section 2, Taipei - World Trade Centre, Krasnopresnenskaya Nab. 12, Room 1808,
 - 29th floor, Dubai - **R. Marechal Deodoro, 1232 - (011) 414-1800, São Bernardo do Campo** - International Trade Cent
 l Mall, London SW1 - 71 Lombard Street, London EC3P 3BS - One Seaport Plaza, 199 Walter Street, New York, 10038 - 612 Sout
 et, 11th Floor, Los Angeles, 90017 - **R. Afonso César Siqueira, 279 - (0123) 22-6266, São José dos Campos** - Calle Zabala
 ntevideo - Penthouse 'B', Edificio 'El Universal', Avenida Urdaneta esq. Animas, Caracas 1011 - Calle Chiclana 102, 8000 Bahía B
 incia de Buenos Aires - **Av. 9 de Julho, 1128 - (016) 636-7050, Ribeirão Preto** - T&G Building, 8th Floor, 82 King William
 ide, South Australia 5000 - Suite 2400, Commerce Courth North, 25 King Street West, Toronto, Ontario - Avenida Venezuela (C
 26, La Matuna, Cartagena - **R. Miguel Calmon, 22 - (071) 243-0744, Salvador** - 32nd Floor, One Biscayne Tower, 2 South
 iami, Florida - 612 South Flower Street, Los Angeles, California, 90017 - Calle Buenos Aires 23/31, 5000 Córdoba, Provincia de
 strasse 29, D-4000 Düsseldorf 30 - **Rua 7 de Setembro, 945/949 - (0473) 22-6033, Blumenau** - Düsseldorf - Rambla de C
 celona 8 - One Post Office Square, Suite 3600, Boston, Mass 02109 - 1000 Louisiana Street, Suite 4300, Houston, Texas 77002-50
 00, 5501, Godoy Cruz, Provincia - **R. Moreira César, 2906 - (054) 223-1633, Caxias do Sul** - de Mendoza - Carril Rodríguez P
 floor, National Mutual Centre, 144 Edward Street, Brisbane, Queensland 4000 - 770 Sherbrooke Street West, Suite 520, Montreal,
 1G1 - La Tour Gand House, Pollet, - **Av. Don Antonio Brandão, 22 - (082) 221-2005, Maceió** - St. Peter Port, Guernsey, C
 Carrera 19 No. 36-65, Bucaramanga - Calle 17 No. 21-32, Pasto - Calle Pichincha 108-110, Guayaquil - Sarwat Building, 48-50 Ab
 at Street, Cairo - Hohestrasse 16, D- 7000 - **R. Santos Dumont, 2480 - (0442) 22-5177, Maringá** - Stuttgart 1 - Friedensstr
 - 6000 Frankfurt/Main 1 - 3a y 4a Calle, 4a Avenida S.O. No. 26, San Pedro Sula - Wisma MPI (13th Floor), Jalan Raja Chulan, K
 , 25 King Street West, Toronto - **Av. Jerônimo Monteiro, 1000 - (027) 223-0355, Vitória** - Lloyds International House,
 e Town - Calle Moneda 1040, Oficina 702, 7º Piso, Santiago - Carrera 8 No. 15-46, 2nd Floor, Office Nos. 202/5, Bogotá - Esqui
 Mohamed Mazhar Street, Zamalek, Cairo - **Av. João Pinheiro, 275 - (034) 236-1044, Uberlândia** - 5a Avenida y 4a Call
 , 19 Ashok Road, New Delhi 110001 - Tira Building, Ground Floor, Jalan H.R. Rasuna Said Kav B3, Kuningan, Jakarta - 199 A

Lloyds Bank

Junte-se a esta força.

Uma força internacional, secular, sólida e séria. A tradição e a experiência do Lloyds Bank são o resultado de mais de três séculos prestando serviços. Só no Brasil, são mais de 125 anos.

Vinte endereços no Brasil ligam você a uma rede de mais de 2200 agências espalhadas por mais de 50 países nos 5 continentes.

Em qualquer lugar do mundo, você é atendido por equipes competentes e profissionais de alto nível.

Por isso, sempre que precisar de alguém que abra para você as portas do mercado financeiro nacional e internacional, fale com o Lloyds Bank.

O melhor negócio do mundo é ter uma força ao seu lado.



Lloyds Bank

A FORÇA AO SEU LADO

tativa que nos liga ao mundo tornando-o significativo e valorizando-o não nos entroniza na posição superior, ativa e onisciente de sujeitos frente a objetos externos e passivos. Ao contrário, Gadamer demonstra, seguindo a linhagem hegeliana, apesar de suas raízes heideggerianas, o caráter dialético do circuito estabelecido pela mediação hermenêutica: sujeito e objeto se pertencem mutuamente, na medida em que pertencem a um campo significativo comum, o qual, ao compreendê-los, os torna mutuamente inteligíveis e os define reciprocamente pelo próprio jogo de suas inter-relações.

A interpretação mobiliza com frequência quatro componentes fundamentais: (1) as pressuposições que conformam e projetam o “mundo” que representa para nós o horizonte (limite e estrutura plástica de acolhida); (2) a tradição ou configuração histórico-cultural objeto da interpretação, que participa do diálogo resistindo às projeções do sujeito. Essa resistência é determinada por sua densidade significativa imanente, sua identidade ontológica impenetrável, mas que funciona como opacidade reguladora da compreensão, responsável, afinal de contas, pelo fato de que a prática hermenêutica terá de realizar mais que um exercício narcísico ou autoprotetivo; (3) instrumentos metodológicos ou científicos, quando ultrapassamos a órbita da hermenêutica ordinária; (4) a imaginação produtiva, sem a qual a projeção de pressuposições resultaria inevitavelmente em reiteração em escalas variáveis.

O aporte da ciência para a hermenêutica não passa de um apoio lateral, justamente porque interpretar não é uma ação especializada de um investigador treinado, mas o modo mesmo de ser do ser que nós somos: homens, produtores e captadores de significação, realizadores e detectores de valor, criaturas de linguagem. É este o sentido da radiação ontológica da hermenêutica, de que nos falamos Heidegger e Gadamer.

Hermeneutas todos somos, mas, filosoficamente, cumpre à hermenêutica explorar a estrutura essencial do ato de interpretar, refletir sobre suas condições de possibilidade, seus limites e as extraordinárias implicações derivadas da compreensão dessa estrutura e desse processo.

Uma categoria chave, círculo hermenêutico, nos ajuda, simultaneamente, a recuperar a história da indagação filosófica sobre a hermenêutica e a entender com mais clareza a dimensão projetiva da interpre-

tação. Seu criador, Friedrich D. E. Schleiermacher, filólogo e teólogo, foi o primeiro a destacar, já no século XIX, a hermenêutica como problema relevante em si mesmo, independentemente de sua aplicação. Antes dele, vários pensadores lidaram explicitamente com a problemática, sem, no entanto, dotá-la de autonomia. Discutiu-se hermenêutica bíblica, hermenêutica do direito e até de discursos mítico-artísticos (como as obras de Homero) e filosóficos. Segundo Jean Starobinski, o teólogo alemão do século XVII, J. Dannhauser, foi o primeiro a retomar o verbo grego *hermeneuein* (etimologicamente: dizer, explicar e traduzir), trazendo-o de volta ao debate cultural por meio do substantivo hermenêutica. Não por acaso a fonte se encontra na teologia. Travavam-se aí os debates mais candentes quanto às condições necessárias a uma correta interpretação, já que as leituras dos textos sagrados determinavam as fronteiras entre ortodoxia e heterodoxia, e distribuíam atores e forças sociais entre os campos em conflito político-religioso, na Europa.

A Reforma conferiu ao problema hermenêutico um *status* privilegiado. Mas somente no século XIX, com Schleiermacher, surgiu a indagação sobre o movimento acionado na prática hermenêutica. Um de seus mais preciosos legados foi a teoria do círculo hermenêutico, segundo a qual toda parte de uma constelação extrai seu sentido de sua inscrição no todo que a inclui e a define como fragmento significativo, assim como o sentido do todo decorre da articulação das partes.

Fenomenologicamente, o dado imediato é o fragmento porque a apreensão primitiva oferece à percepção uma parcialidade. Todavia, um fragmento não tem significado, sequer pode converter-se em parte, não pode ser recortado como unidade significativa contra um fundo incluyente, sem que se disponha de uma hipótese inicial, aproximativa, relativamente ao sentido do conjunto, do todo. Portanto, um sentido primeiro é atribuído à parte em função de uma aposta, de um salto prospectivo, de um esforço racional-imaginativo pelo qual se formula uma hipótese inicial sobre a totalidade. Essa hipótese será sucessivamente corrigida, na medida em que as conexões entre o primeiro fragmento e os seguintes forem impondo alterações à totalidade originalmente antecipada. Esse movimento de revisões sucessivas face à ampliação do estoque de fragmentos considerados atinge idealmente um fim quan-

do todas as unidades pertinentes se tiverem rendido a uma hipótese abrangente. O círculo da interpretação é animado pela busca ou expectativa de plena harmonização entre partes e todo. Essa dinâmica teleológica prescinde da suposição de que a expectativa se realizará. O importante é o reconhecimento do *telos* como ideal regulatório.

Na aposta imaginativa e projetiva presente na antecipação da totalidade, reside o núcleo das principais concepções desenvolvidas em nosso século sobre o movimento, a estrutura e as condições da hermenêutica. Está aí a idéia da projeção dos pre-conceitos, da história-eficaz, da pré-compreensão e da interpretação/prospecção imaginativa típica da aplicação, tal como entendida nas reflexões de Gadamer sobre o juízo ético e estético, especialmente.

A perspectiva gadameriana sobre a problemática hermenêutica não é a única, ainda que seja, provavelmente, a referência central, mesmo para seus críticos. Paul Ricoeur reivindica a conciliação da linhagem que Gadamer representa com a orientação geral das obras de Jürgen Habermas, herdeiras da chamada teoria crítica. Habermas resiste. Vários exegetas não se conformam, seja com a reivindicação, seja com a resistência. Por outro lado, os três autores citados rechaçam o objetivismo do italiano Emilio Betti (filósofo do direito, autor de um volumoso e célebre tratado sobre hermenêutica), ainda que haja superposições e entrecruzamentos diversos entre eles.

Qualquer que seja a posição adotada, o próprio debate confirma a centralidade da questão hermenêutica, a qual, em mais um de seus paradoxos desafiadores, requer de nós um posicionamento prévio a seu respeito, até para que possamos interpretar as discussões e nos posicionar frente às posições em choque. Não fosse a tomada de posição um imperativo determinado por nossa condição de seres de linguagem, sentido e valor, tenderíamos a dissolver o paradoxo num jogo intelectual, interessante mas contornável. Sendo ela imperativa, o paradoxo adquire tonalidades dramáticas, de profundas implicações ético-políticas, e, ao mesmo tempo, por sua inevitabilidade, adquire também a naturalidade do lúdico. O jogo hermenêutico se apresenta, então, para nós, como um *pathos*: confluência do trágico com o lúdico e da *fortuna* com a *virtú*.

Luiz Eduardo Soares

Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro



Complete sua coleção de **CIÊNCIAHOJE**

Nº 1 — Julho/Agosto de 1982

- Cubatão: uma tragédia ecológica
- Bactérias e algas: orientação magnética
- Futebol: força estranha
- Porque os índios cantam?
- Museu Goeldi
- Cem bilhões de neurônios
- Vento solar e ventos estelares
- Potencial de crescimento da população brasileira
- A reforma universitária em questão

Nº 2 — Setembro/Octubre de 1982

- Nascimento, vida e morte das estrelas
- 1932: São Paulo vai à guerra
- Pressão alta, um problema de milhões
- Um parque nacional para Abrolhos
- Barbeiros: eles transmitem a doença de Chagas
- Luminescência, da alquimia à época moderna
- O drama do alcoolismo
- Os primatas do Brasil, patrimônio a conservar
- Por que os preços não caem

Nº 3 — Novembro/Dezembro de 1982

- Plantas medicinais
- O Brasil volta às urnas
- Carajás: o grande desafio
- Novas teorias do cosmos
- Trinta anos de física teórica
- Os parasitos do homem antigo
- Vacinas
- O combate às pragas sem poluição

Nº 4 — Janeiro/Fevereiro de 1983

- Fundação Oswaldo Cruz
- Anéis planetários
- Mendigo, o trabalhador que não deu certo
- *Trypanosoma cruzi*: o retrato de um invasor
- Quem vai para a universidade
- Para que serve a pesquisa básica?
- Hemoglobina e mioglobina: moléculas inteligentes
- Araguaia: uma estrada contra o parque
- A resistência cultural dos Apinayé

Nº 5 — Março/Abril de 1983

- Vidros metálicos
- Tartaruga-do-mar: depéia, suçuarana, jereba, aruanã
- Tesouro fóssil no sertão baiano
- O interior da Terra
- Desnutrição

Nº 6 — Maio/Junho de 1983

- Terremotos no Brasil
- A loucura em questão
- As cores dos animais
- Missão Voyager: viagem a Júpiter
- Quantos seriam os índios das Américas?
- Insetos x insetos: novas alternativas para o controle de pragas



Nº 7 — Julho/Agosto de 1983

- Arte do Brasil na pré-história
- A estranha natureza da realidade quântica
- Reconhecer a si próprio: idéias para uma nova imunologia
- Avoantes, pombas de arribação
- Política e economia no primeiro governo Vargas
- Neurogênese: vida e morte de neurônios jovens

Nº 8 — Setembro/Octubre de 1983

- Militares, geopolítica e segurança nacional
- Memória e esquecimento
- Circuito integrado para rede de computadores
- Pantanal: terra de todos, terra de ninguém
- Angra entra em operação
- Plaquetas sanguíneas: hemorragia, coagulação e trombose

Nº 9 — Novembro/Dezembro de 1983

- Percolação
- O previsível eleitor brasileiro
- Vigor de híbrido
- Manchas estelares
- Interferons
- Moratória. E depois?

Nº 10 — Janeiro/Fevereiro de 1984

ESPECIAL AMAZÔNIA

- O cata-água: energia para pequenas comunidades
- Uma floresta sobre solos pobres
- Por que se migra na Amazônia
- A floresta pode acabar?
- A invasão das terras indígenas
- *Trichechus inunguis*, vulgo peixe-boi
- A crise atinge a Amazônia
- Carajás, o mito desfeito

Nº 11 — Março/Abril de 1984

- Voa macuco, voa araponga, que o homem vem aí...
- A matemática das películas de sabão
- Evolução dos cromossomos humanos
- Radiação de síncrotron
- EUA x URSS: anatomia de um conflito
- Ciência da ciência
- Vinho novo, vinho velho

Nº 12 — Maio/Junho de 1984

- Lixo atômico: o que fazer?
- Saques e desemprego
- Os Kayapó e a natureza
- O mico-leão volta à mata
- Os estranhos canais subterrâneos de Tucuruí
- Malária: agrava-se o quadro da doença no Brasil
- Cálcio e contração muscular

Nº 13 — Julho/Agosto de 1984

- Família trabalhadora: um jeito de sobreviver
- Hortaliças da Amazônia
- USP, meio século
- Manguezais: florestas de beira-mar
- Indexação x desindexação: inflação com ou sem anestesia
- Criogenia: quanto mais frio melhor

Nº 14 — Setembro/Octubre de 1984

- Terra de índio
- Família século XIX
- A matéria indivisível
- A microrrevolução
- Anemias imigrantes
- Bromélias



Nº 15 — Novembro/Dezembro de 1984

- A estereologia e a tomografia computadorizada
- Arte e ciência no Brasil holandês
- Tapiragem
- Rastros de um mundo perdido
- A energia do gás
- A árvore da ciência

Nº 16 — Janeiro/Fevereiro de 1985

- Malária: a vacina é possível
- Holografia: a luz congelada
- Terra ardendo: o aproveitamento dos solos como combustível
- A floresta e as águas
- Atribuições de uma economista na Amazônia

Nº 17 — Março/Abril de 1985

- Os deserdados da terra
- O trigo nosso de cada dia
- Aspirinas x dor: como funcionam estas drogas
- O pesquisador e seus papéis
- Vidros de spin: novos desafios do magnetismo

Nº 18 — Maio/Junho de 1985

ESPECIAL NORDESTE

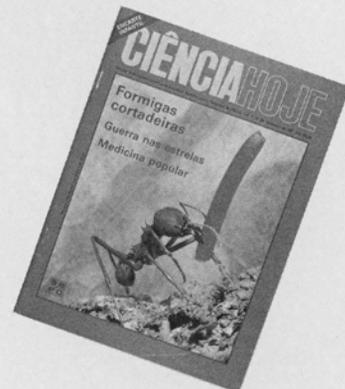
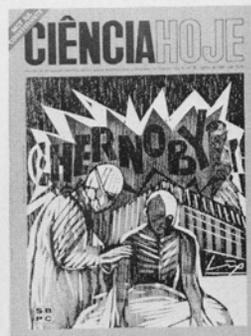
- Nordeste: o tempo perdido
- Secas: o eterno retorno
- Vida severina
- Os sertões: a originalidade da terra
- Insulina de gambá
- O cérebro desnutrido
- O caju que um dia foi brasileiro
- Mocambos do Recife: o direito de morar

Nº 19 — Julho/Agosto de 1985

- Adesão de superfícies
- Pré-história do Brasil
- Plataforma de petróleo: o cálculo das ondas
- As galhas: tumores de plantas
- O sono, um terço da vida
- Entrevista: os cientistas que saem do país e não voltam, com: Luis Hildebrando, Bóris Vargafitig, Michel Rabinovitch e Júlio Puddles

Nº 20 — Setembro/Octubre de 1985

- O trabalho nas usinas de açúcar
- Caça às bruxas: o novo saber das mulheres como obra do diabo
- Tomografia: novas imagens do corpo
- Babaçu: a palmeira de muitas vidas
- Ansiedade: uma perspectiva biológica



N° 21 — Novembro/Dezembro de 1985

- Aparecida: nossa rainha, senhora e mãe, saravá!
- Bem-vindo, Halley!
- Bromélias: na trama da malária
- A estética dos índios
- Modulação da dor: mecanismos analgésicos endógenos
- Encarte especial: rumos da economia brasileira com: João Sayad, Reis Veloso, Paul Singer, Celso Furtado, Lara Resende, Francisco Lopes e outros

N° 22 — Janeiro/Fevereiro de 1986

- Ensino e/ou pesquisa: a teoria na prática é outra
- Transposons: a dança dos genes
- Defensivos agrícolas ou agrotóxicos?
- Meteoritos, o material primitivo
- Perfil: Bernhard Gross

N° 23 — Março/Abril de 1986

- IPC: a temperatura da inflação
- Uma *demoiselle* que não envelheceu
- Nas malhas da energia
- Alta-tensão por um fio
- De aromas, insetos e plantas
- Capivaras: uma vida em família
- Perfil: Maria da Conceição Tavares

N° 24 — Maio/Junho de 1986

- Cruzado x Austral: inflação nunca mais?
- A hiperinflação alemã de 1923
- Gaivotas e trinta-réis
- Pintores e macucos
- Gralhas e canções
- Viagem no tempo da Antártida
- Política energética: na gangorra do petróleo
- Vidas irrigantes

N° 25 — Julho/Agosto de 1986

- Filhos do milagre
- Campos rupestres: paraíso botânico na serra do Cipó
- Em busca das raízes
- A estratégia do branqueamento
- Supercomputadores: a batalha dos nanossegundos
- Fraude em ciência
- Momentos da memória

N° 26 — Setembro/Octubre de 1986

- Distrofias musculares
- S.O.S. corais
- Táquions
- Políticos e militares: quem consente cala
- Percevejos sugadores de sementes
- O aço tratado

N° 27 — Novembro/Dezembro de 1986

- AIDS: origem, controle, tratamento, cura?
- Luz e matéria: as surpresas da interação
- Ambiente, represas e barragens
- Eutrofização artificial: a doença dos lagos
- As queixas do povo no início do século
- Ciência Hoje é das crianças

N° 28 — Janeiro/Fevereiro de 1987

- Camada de ozônio: um filtro ameaçado
- Manejo integrado de pragas
- Orquídeas: entrada e dispersão na Amazônia
- A toxicidade do oxigênio
- Mulheres: o peso do trabalho leve
- Encarte especial: a violência no Brasil

N° 29 — Março de 1987

- Energia e sociedade
- Pupunha: uma árvore domesticada
- Efeito estufa: uma ameaça no ar
- O pensamento autoritário: Oliveira Vianna, hoje
- Encarte infantil: fogo, carnaval, beija-flor, jogos

N° 30 — Abril de 1987

- Cactáceas: os segredos da sobrevivência
- Terremotos: o movimento das terras no Brasil
- Inflação x cruzado: de volta para o futuro
- Inverno nuclear: e o Brasil?
- Constituinte 87: propostas da SBPC

N° 31 — Maio de 1987

- Agricultura: a ciência vai à roça
- O efeito Hall quântico
- Reflorestamento indígena
- Escola e família: constelação imperfeita
- Sistemas estaduais de C & T. Constituinte e sindicatos
- Encarte infantil: do ovo ao pinto, experiências, química

N° 32 — Junho de 1987

- Tchernobyl, um ano depois
- Lições de Tchernobyl: os alimentos importados
- História: capitão Cook sob suspeita
- Metemoglobinemia: células sem ar
- Perfil: os Deane, 50 anos de parasitologia
- Encarte especial: ciência e tecnologia na Constituinte

N° 33 — Julho de 1987

- Soja: proteína para milhões
- O início e o fim do universo
- A natureza das restingas
- Sambaquis na pré-história
- Reforma sanitária: propostas
- Perfil: Alcides Carvalho — Instituto Agrônomo de Campinas
- Encarte infantil: ouriço, índios, experiências, o que é, o que é?

N° 34 — Agosto de 1987

- Sementes germinantes
- Poluição: acidez na chuva
- Paleontologia no sul do Brasil
- Saúde pública: positivismo e dilemas
- Perfil: Nise da Silveira, viagem ao reino dos homens tristes
- Encarte especial: principais discussões da 39ª Reunião Anual da SBPC

N° 35 — Setembro de 1987

- Formigas cortadeiras: a linguagem dos odores
- Medicina popular: rezas e curas de corpo e alma
- Super-redes: harmonia das bandas cristalinas
- Choque (hiper)térmico
- Perfil: Isaías Raw, cientista e homem de ação
- Encarte infantil: experiências de magnetismo, tartarugas da Amazônia, as bruxas brasileiras e a inquisição

N° 36 — Outubro de 1987

- Polímeros condutores de eletricidade
- Rondônia devastada
- Chuvas e constelações: calendário dos índios desãna
- Banhos de cheiro e rituais amazônicos
- Perfil: Antônio Houaiss
- Constituinte 87: quem controla a administração pública

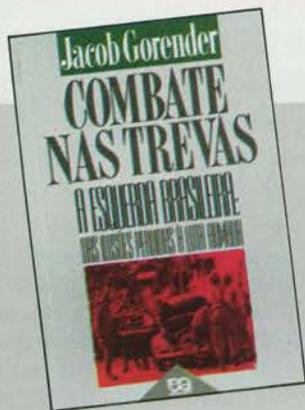
N° 37 — Novembro de 1987

- Depressão alastrante
- Imagens e computadores: o olho que tudo vê
- Experimentação com seres humanos
- A mulher faz e (desfaz) o homem
- Entrevista: Sérgio Paulo Rouanet, filósofo, diplomata
- Encarte infantil: Zumbi dos Palmares, experiências com eletromagnetismo

Aproveite esta promoção

PAGUE 5 - LEVE 6

Preencha o cupom de assinaturas que acompanha esta revista



Combate nas trevas. *A esquerda brasileira: das ilusões perdidas à luta armada*, de Jacob Gorender. São Paulo, Ática, 1987, 255 p.

O autor, que se confessa um “autodidata envolvido nos absorventes problemas da política prática”, já nos brindara com *O escravismo colonial* (Ática, 1980) — produção acadêmica que encontrou seu lugar na historiografia brasileira. Agora, adentra o campo da história-depoimento, tendo por tema a atuação da esquerda brasileira no período pós-64. Sem descartar o “coeficiente de memorialística”, adverte que é parte menor da obra. A postura de eterno militante marca suas posições sobre movimentos e personalidades, mas a clareza conceitual e o espírito de pesquisa que o dominam hoje emprestam-lhe suficiente objetividade para tratar do período sombrio da ditadura militar, mostrando como as esquerdas a combateram em diversas frentes possíveis.

O livro provocou em mim um sentimento híbrido de nostalgia e curiosidade retrospectiva, análogo ao que experimentei com as *Memórias de um revolucionário*, de Victor Serge, recentemente (mal) traduzido pela Cia. das Letras. Precisamos de obras desse tipo, escritas por personagens da história que não podem se despir dessa condição, mas não fazem dela o *leitmotiv* da obra. Na bibliografia sobre o golpe de 64 e seus desdobramentos, sobram (bons e maus) depoimentos e faltam (boas) análises. Mas como analisar com objetividade? Sem jamais adotar um tom positivista, Gorender pretende fazê-lo de maneira dialética, o que consegue superficialmente, talvez em decorrência de suas idiosincrasias.

A preocupação teórica está presente, como no capítulo 10, que apresenta um quadro geral das idéias da esquerda brasileira no período 1964-68. Por outro lado, o cuidado com as referências bibliográficas e fontes informativas, ao fim de cada capítulo, desdobra-se em análises-resumo de

A ESQUERDA NO BRASIL PÓS-64

documentos elaborados pelos principais grupos de esquerda. O autor fornece, assim, detalhadas indicações sobre a árvore constitutiva da esquerda no Brasil, aprofundando-se nas posturas teórico-ideológicas que a enraizaram.

A morfologia e a ideologia da esquerda — exceto os “partidos socialistas”, que estão a merecer análise equivalente — derivam do tronco Partido Comunista do Brasil (a partir de 1961, chamado Partido Comunista Brasileiro, conservando porém a sigla PCB). Em 1962, deu-se a primeira grande cisão, com o Partido Comunista do Brasil (PC do B) considerando-se herdeiro do original, de 1922, e adotando a “linha chinesa”, mais tarde renegada em favor da “linha albanesa”. Mas ambos mantêm a concepção da revolução em duas etapas (o “etapismo”), que prevê uma revolução democrática (antiimperialista e antifeudal), que teria a burguesia progressista como aliada, e a posterior revolução socialista. Paralelamente, a esquerda, sobretudo o PC do B, foi influenciada pela “teoria da dependência”, que predominou nos meios acadêmicos nos anos 60. O contágio entre teoria e prática foi marcante na década, quando os intelectuais foram levados a uma participação política de grande envergadura. Também os estudantes formaram numerosos grupos políticos que, a partir do final da década, assumiram a luta armada.

Qual a composição social da esquerda brasileira na fase da luta armada? Gorender aventura-se a uma quantificação a partir das pessoas torturadas no período: menos de 10% dos presos políticos tinham origem operária, e cerca de 55% eram estudantes e profissionais de nível superior.

Deixando de lado as dissidências tradicionais (trotskistas) e os agrupamentos que surgiram antes da luta armada (Polop, AP), vejamos as “matrizes intelectuais da luta armada” (cap. 11). O “foquismo” — a teoria oficial da Revolução Cubana, que orientou Guevara rumo à morte e fez dele um dos “mais interessantes mitos do movimento revolucionário mundial” (p. 81) — dirigiu os novos grupos para a guerrilha urbana e rural. Não é estranha a essa linha a influência chinesa, sob a perspectiva da guerra popular prolongada: “o poder nasce da boca do fuzil”. Sob tais influências, a esquerda brasileira se militarizou: seus grupos “adotavam formas de luta e de propaganda armada e desprezavam as formas de luta de massas” (p. 83).

Tentando ser objetivo na reconstituição das ações mais importantes, contrariando detalhes de versões correntes, o livro de Gorender é o mais abrangente e preciso. Para isto, o autor buscou as melhores fontes disponíveis (sobretudo o acervo utilizado para a elaboração de *Brasil, nunca mais*) e entrevistou os principais sobreviventes, limitando-se, por falta de recursos, ao eixo Rio—São Paulo. As alianças e dissensões estão nomeadas com a precisão possível em obra deste tipo, e esta me parece, em suas grandes linhas, a mais confiável.

A conclusão é dura: o autor — que, embora afirme não ter participado de ações armadas, não escapou à prisão e à tortura — procura demonstrar que a derrota poderia ter sido evitada. A afirmativa é peremptória e vem grifada: “*A esquerda brasileira de inspiração marxista só não pegou em armas quando as condições históricas determinavam que o fizesse*” (p. 250). Estas teriam ocorrido no início de 1964. As palavras finais, embasadas na vivência pessoal dos eventos que procurou analisar, são dirigidas às gerações atuais e futuras: “Nenhuma complacência se admite na revelação e análise das responsabilidades de correntes políticas e de lideranças individuais. Se não quisermos o triste privilégio da infundável repetição dos erros” (p. 250).

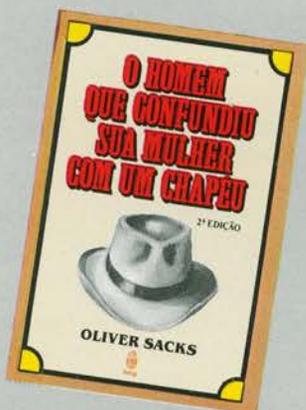
A incomplacência fica evidente em capítulos anteriores, que tratam da violência do opressor e do oprimido. São bem conhecidas as violências desmedidas da repressão policial-militar. Mas o capítulo 32 destina-se a um lugar de respeito na literatura política: se a esquerda não quiser se limitar ao papel de vítima, mas assumir o de agente histórico e procurar uma autoconsciência, “deve assumir a violência que praticou” (p. 235). O balanço apresentado arrola cerca de cem mil vítimas diretas da repressão, mas, assumindo corajosamente uma ética revolucionária, Gorender discute os “justiçamentos” feitos pela esquerda, tanto de inimigos como de companheiros acusados de traição. Identifica cinco desses casos na história do movimento revolucionário brasileiro, quatro no período 1971-73. Examinando-os, não vê justificativa insofismável para nenhum. Rememorando *Os demônios* de Dostoievski, o justiçamento se baseia menos na delação efetiva que em suposta intenção.

José Albertino Rodrigues

Universidade Federal de São Carlos



Conhecendo o cérebro, de Luciano Mecacci (tradução de Eduardo Brandão). São Paulo, Editora Nobel, 1987, 160 p.



O homem que confundiu sua mulher com um chapéu, de Oliver Sacks (tradução de Talita M. Rodrigues). Rio de Janeiro, Imago Editora, 2ª ed., 1988, 225 p.

Muitos leitores dos jornais diários talvez pouco reparem no uso abusivo que estes fazem de um eficaz estratagema: a individualização de fatos sociais ou econômicos. Tipicamente, as notícias começam assim: “João da Silva (37), mecânico de Parada de Lucas (entra uma foto com a família), mora debaixo da ponte porque não consegue encontrar emprego...” Segue-se uma reportagem sobre o desemprego nas grandes cidades e suas conseqüências sociais. A personificação do tema é uma isca, um recurso que atrai o leitor, mesmo que o João em questão não represente o protótipo sociológico, ou mesmo estatístico, das vítimas do problema em pauta.

Pois bem. Recurso idêntico é muitas vezes adotado em divulgação científica, não raro em prejuízo da precisão e do rigor. É o caso destes dois interessantes livros sobre o funcionamento normal do cérebro e seus desvios patológicos.

NEUROCIÊNCIAS PARA UM DOMINGO CHUVOSO

Oliver Sacks, um neurologista nova-iorquino bem-sucedido como escritor (seu livro é *best-seller* nos EUA há vários anos), narra 20 “casos” de pacientes neurológicos que atendeu e que apresentavam sintomas curiosos para o leigo e instigantes para o especialista. Os nomes são fictícios e o relato, romanceado, prende a atenção. Dr. P., por exemplo, um músico de renome, tornou-se de repente incapaz de reconhecer faces, objetos complexos e cenas visualmente ricas, até mesmo quando muito familiares. Não ficara cego, nem demente: apresentava uma perda de função na área cerebral responsável pela interpretação e reconhecimento do mundo visual, deficiência que o fez, certa vez, tentar colocar na cabeça, como um chapéu, a cabeça de sua mulher. Outro caso é o de Ray, jovem portador da chamada síndrome de Tourette. Os aparentemente desagradáveis sintomas da doença — tiques, maneirismos e impulsos incontroláveis — conferiam no entanto ao rapaz surpreendentes vantagens: faziam dele um temível jogador de pingue-pongue (capaz das mais inesperadas cortadas) e um criativo baterista de jazz (pelas repentinas improvisações).

O livro se divide em quatro partes (“Perdas”, “Excessos”, “Transportes” e “O mundo dos simples”), cada uma com vários relatos de casos diferentes. Os leigos se sentirão atraídos pelo mistério das histórias, embora os mais curiosos possam se ressentir da falta de conclusões (quais as causas dos sintomas?). Quanto aos iniciados, lamentarão a ausência de generalizações, já que, do ponto de vista propriamente científico, os casos de Sacks não encerram maiores novidades.

Conhecendo o cérebro é mais ambicioso. Utilizando também o recurso da personificação, não o considera mero “gancho”: reivindica para ele a estatura de método para uma “nova neurobiologia”, que permitiria conhecer o cérebro do artista e do cientista (serão diferentes, do ponto de vista biológico?), do oriental e do ocidental. Os casos contados são clássicos da neurologia — alguns até de conhecimento geral —, como o da menina autista inglesa Nádia, dotada de incrível e precoce habilidade para o desenho; o da cega e surdamente norte-americana Helen Keller (tema do filme de Arthur Penn, lançado no Brasil com o título *O milagre de Anne Sulli-*

van), ou o do compositor francês Maurice Ravel, autor do tão conhecido *Bolero*, que perdeu a fala e a capacidade de compor. Escrito em estilo menos literário que o de Sacks, o livro é, por outro lado, mais interessante do ponto de vista científico, pois Mecacci — psicólogo italiano com formação na URSS — não se limita à descrição de casos, ousando inúmeras especulações.

Acontece, no entanto, que características individuais do cérebro só podem ser bem compreendidas como variações, ou desvios, de um “normal” estatístico. É a partir dos princípios gerais que se pode ir além da simples descrição e entrar mais fundo na natureza das variantes individuais. Mecacci argumenta em sentido contrário, mas suas próprias tentativas deixam patente a fragilidade da “neurobiologia do indivíduo”. Um exemplo é o interessante capítulo “O cérebro dos japoneses”. O idioma japonês, como se sabe, pode ser expresso em dois tipos de escrita: o *kanji*, em que ideogramas de origem chinesa correspondem, cada um, a uma palavra, representando estilizadamente conceitos e objetos, e o *kana*, em que os caracteres se compõem, como as letras dos idiomas ocidentais, para formar palavras. O notável é que, embora os dois sistemas se misturem nos mesmos textos, há indícios de que os ideogramas *kanji* são compreendidos (lidos) pelo hemisfério cerebral direito e as palavras *kana*, pelo hemisfério esquerdo. Portanto, especula Mecacci, diferentemente dos ocidentais, os japoneses, ao ler, utilizariam os dois lados do cérebro, em paralelo e alternadamente. A hipótese é, sem dúvida, muito sugestiva, mas ela só pôde ser formulada a partir dos paradigmas de funcionamento especializado dos hemisférios cerebrais, aceitos pela neurobiologia contemporânea. Ou seja: foi preciso conhecer o princípio geral tanto para detectar como para tentar explicar a variante.

Não obstante essa fragilidade, os livros de Mecacci e Sacks são de leitura agradável e absorvente. E, para quem gosta, como eu, de despertar o cérebro, de manhã, com a leitura dos “casos” de jornal, são um prato cheio — especialmente num domingo chuvoso.

Roberto Lent

Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Faperj quer dizer Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

**Confira
aqui:**

Para apoiar atividades científicas e tecnológicas no Estado do Rio, a FAPERJ concede Bolsas e Auxílios para pessoas e instituições.

Veja aqui qual é o seu caso e dirija-se à FAPERJ para maiores informações.

B O L S A S

1 – *Bolsas* – benefícios concedidos a estudantes e pesquisadores, durante o período em que se dedicam às atividades de pesquisa e/ou estudo.

1.A. – *Bolsas de iniciação científica* – destinadas a despertar e estimular vocações para a pesquisa entre estudantes de graduação, através de treinamento em laboratório ou unidades de pesquisa, sob supervisão de pesquisador qualificado.

1.B. – *Bolsas de pós-doutorado no País* – destinadas a portadores de título de Doutor ou equivalente, que queiram se dedicar exclusivamente a programa de pós-doutorado desenvolvido em instituição diferente da que mantém vínculo permanente.

1.C. – *Bolsas de fixação de pesquisador* – dirigidas a portadores de título de Doutor ou equivalente que, sem vínculo empregatício, pretendam desenvolver projeto de pesquisa relevante em instituição de pesquisa/ensino pós-graduado, interessada em recebê-los e futuramente absorvê-los em seus quadros.

A U X Í L I O S

2 – *Auxílios* – benefícios concedidos a pesquisadores qualificados, para o desenvolvimento de projetos individuais ou institucionais que efetivamente contribuam para o progresso da ciência e tecnologia.

2.A. – *Auxílios à pesquisa* – complementam os recursos necessários ao desenvolvimento de projeto específico, sob a responsabilidade de pesquisador devidamente qualificado. Poderá atender ao desenvolvimento de pesquisa, à realização de reuniões científicas, à publicação de periódicos ou monografias científicas ou, em casos excepcionais, à manutenção e reparo de equipamentos de pesquisa.

2.B. – *Auxílios para vinda de pesquisador visitante* – cobrem despesas com transporte e manutenção de pesquisador de alto nível de qualificação, para participar ativamente de atividades de pesquisa/ensino pós-graduado.

2.C. – *Auxílios para participação de pesquisador em reuniões no País e no exterior* – cobrem despesas com transporte e manutenção de pesquisador qualificado, para apresentação de trabalho de pesquisa original e inédito em reuniões científicas ou, em caráter excepcional, para participação em eventos similares no País ou no exterior.

2.D. – *Auxílios para participação de bolsista em reunião no País e no exterior* – cobrem despesas com transporte e manutenção de bolsista da FAPERJ ou de outra entidade, para apresentação de trabalho de pesquisa original e inédito em reuniões científicas ou, em caráter excepcional, para participação em eventos similares no País ou no exterior.



MOREIRA
UM GOVERNO DE TRABALHO

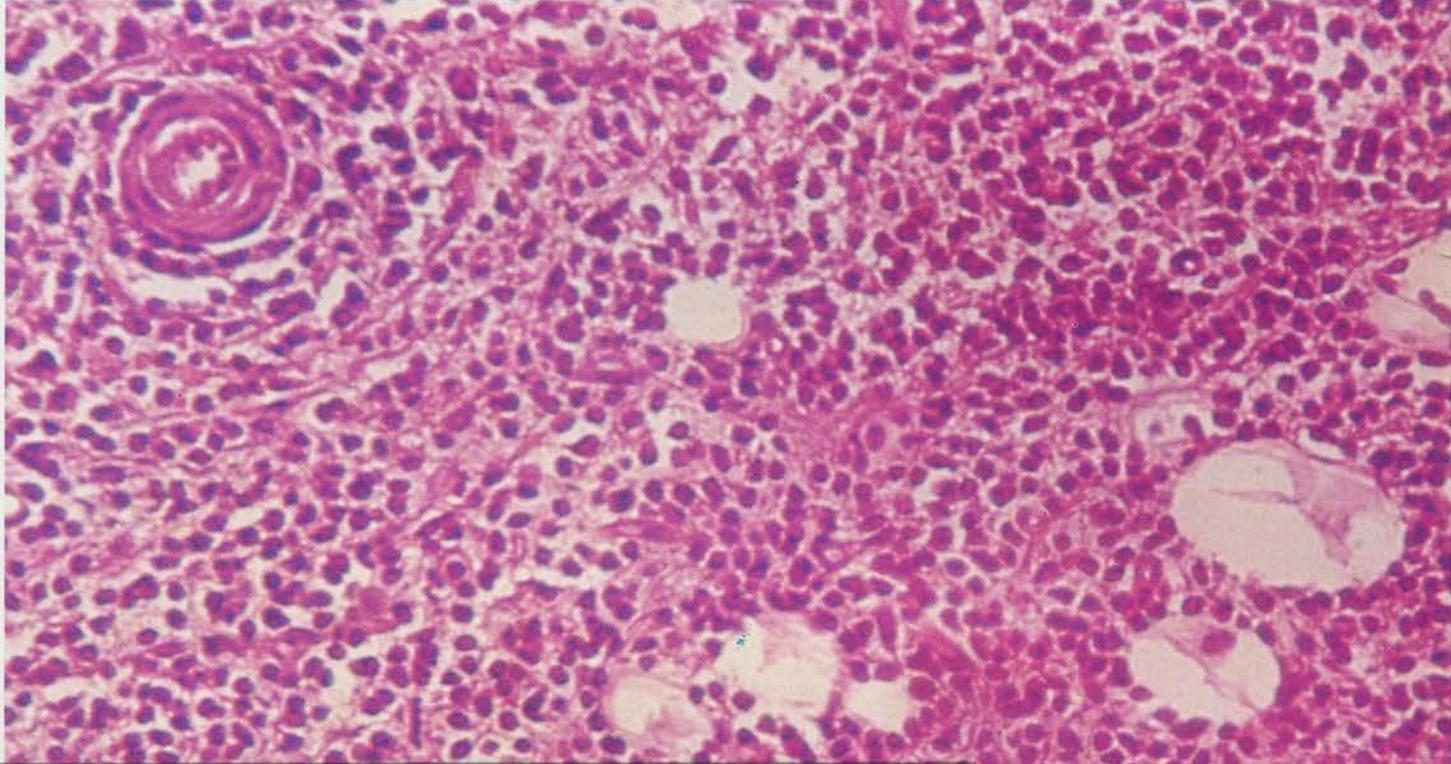
FAPERJ

Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado do Rio de Janeiro

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

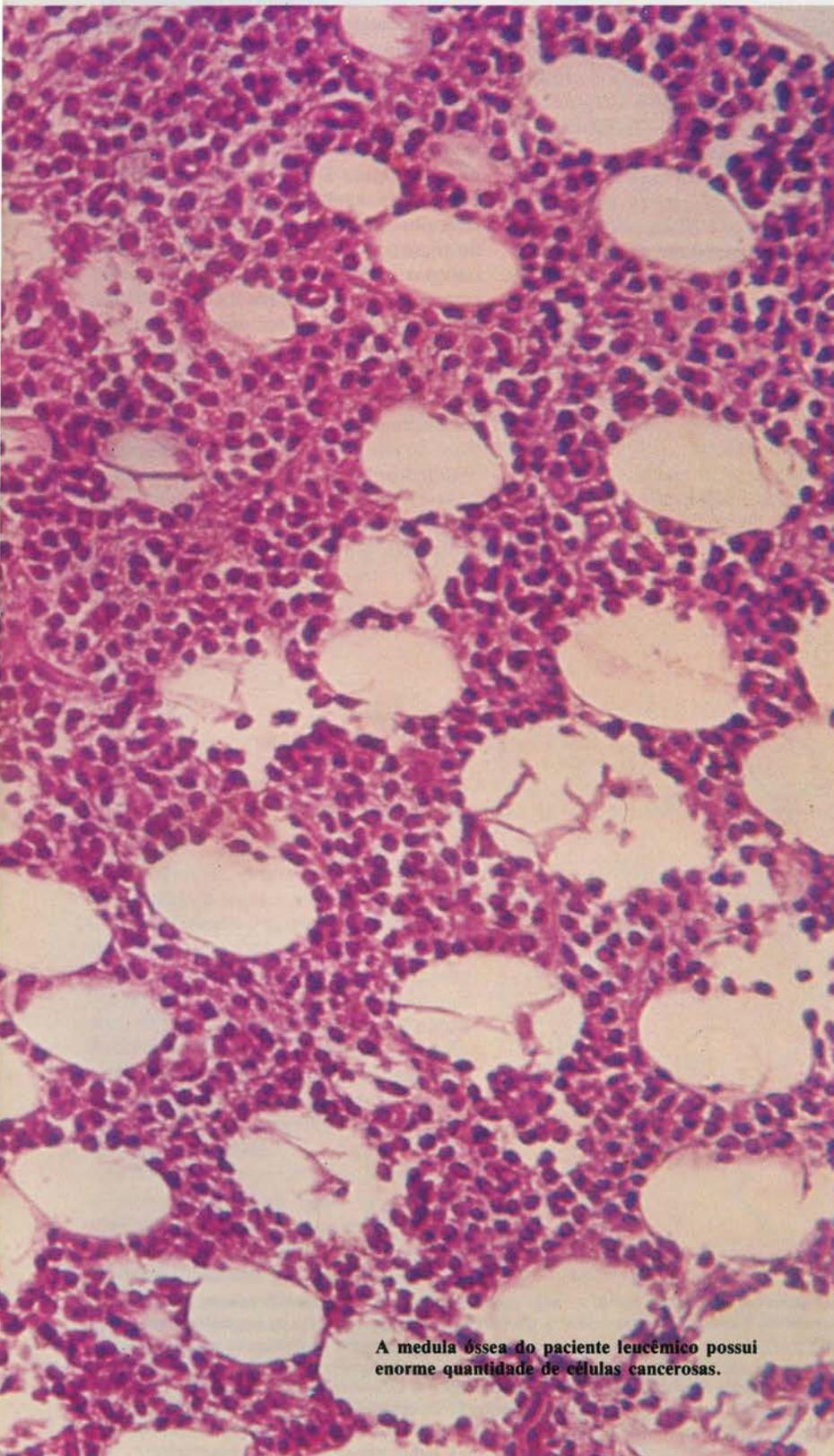
MONOCLONAIS O

foto Carlos Alberto Basilio



Divulgada em 1975, a tecnologia da produção de anticorpos monoclonais a partir de células híbridas — os hibridomas — vem abrindo novas perspectivas em todos os ramos das ciências biológicas e médicas. Ao permitir identificar a linhagem e o ponto de diferenciação das células leucêmicas, essa ferramenta biológica permite um diagnóstico preciso da leucemia, orientando o tratamento de suas diversas formas. A aplicação à terapia começa a ser pesquisada.

ONTRA LEUCEMIA



A medula óssea do paciente leucêmico possui enorme quantidade de células cancerosas.

Nance Beyer Nardi

Fundação Faculdade Federal
de Ciências Médicas de Porto Alegre

Tor Gunnar Hugo Onsten

Serviço de Hematologia do Hospital
das Clínicas de Porto Alegre

A sobrevivência de qualquer organismo multicelular depende em grande parte de sua capacidade para lidar com agentes infecciosos que o invadem — entre os quais grande variedade de microrganismos, como vírus, bactérias e protozoários —, interagindo cooperativamente com eles ou, mais frequentemente, eliminando-os. No caso dos animais vertebrados, a distinção entre o que é próprio do organismo e o que lhe é alheio e a rejeição do intruso são da competência do chamado sistema imunológico, que abrange grande número de células e apresenta uma complexidade só comparável à do sistema nervoso.

Integrado por células que se comunicam entre si, o sistema imunológico mantém-se num estado de equilíbrio, que é rompido quando o organismo entra em contato com intrusos, isto é, antígenos: macromoléculas que se distinguem das reconhecidas como “próprias” por sua conformação de superfície (ver “O funcionamento do sistema imune”, em *Ciência Hoje* n° 27, p. 30).

Um dos elementos “de ação” da resposta do sistema imunológico à presença do antígeno — a chamada resposta imune — envolve a ativação de certas células brancas do sangue, denominadas linfócitos B, que passam a produzir anticorpos circulares específicos para o antígeno. Anticorpos são proteínas globulares (sendo por isso chamados imunoglobulinas) cuja molécula possui uma região dita constante e outra dita variável (figura 1). É nesta última que se localiza o sítio combinatório, onde se dá a ligação antígeno-anticorpo. Trata-se de uma ligação muito específica, do tipo “chave-fechadura”: cada anticorpo só se pode ligar ao antígeno correspondente. Os anticorpos são dirigidos a pontos específicos — os epitopos — dos antígenos. Sendo macromoléculas, estes normalmente apresentam mais de um epitopo.

Estima-se que o organismo humano possui mais de um milhão de linfócitos B diferentes, cada um deles geneticamente programado para produzir um único tipo de

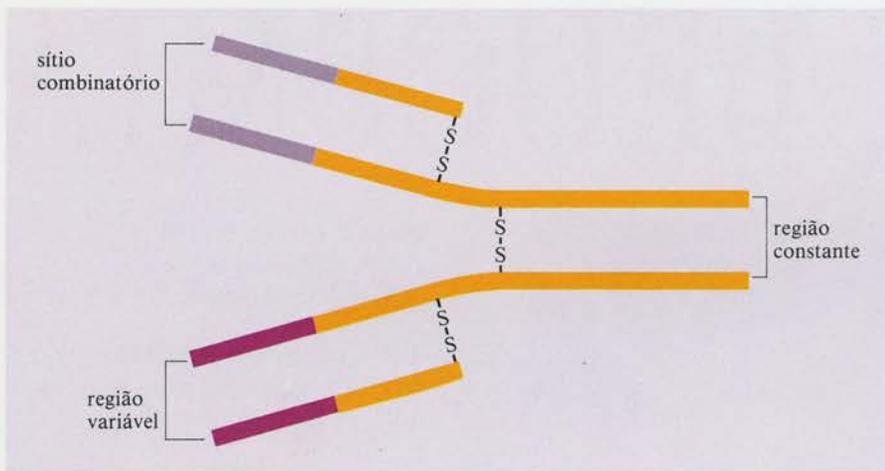


Fig. 1. Os anticorpos são proteínas compostas por quatro cadeias polipeptídicas: duas maiores (pesadas) e duas menores (leves).

anticorpo, específico para um epítipo. O sistema imune é capaz, portanto, de produzir pelo menos 10^6 anticorpos com diferentes especificidades antigênicas.

A ativação dos linfócitos B, que requer a participação de outras células do sistema, ocorre por meio do processo conhecido como seleção clonal, representado na figura 2.

Há várias décadas os anticorpos vêm sendo utilizados como ferramentas biológicas em laboratório, sobretudo para detectar a presença de determinada macromolécula numa mistura. Exemplo corriqueiro disto é o teste de gravidez.

Uma das modalidades desse teste envolve a dosagem, no sangue da mulher, do "hormônio da gravidez" — a gonadotrofina coriônica humana (GCH). Ocorre que, além de coexistir no sangue da mulher grávida com várias outras proteínas, a GCH apresenta-se, como todo hormônio, em baixa concentração, sendo difícil detectá-la numa amostra de sangue pelos métodos bioquímicos convencionais. O anticorpo anti-GCH — que reconhece especificamente esse hormônio e só se liga a ele, permitindo registrar sua presença mesmo em pequena concentração — revela-se portanto o reagente ideal para essa identificação.

Os anticorpos para uso em laboratório são produzidos por injeções repetidas de preparações purificadas do antígeno — no exemplo acima, a GCH — em animais como camundongos, ratos, coelhos etc. O sistema imunológico do animal será ativado e os anticorpos produzidos passarão à circulação sanguínea. Após um intervalo apropriado, o sangue estará rico em anticorpos específicos para o antígeno injetado, podendo ser coletado (ver "Instituto Butantan introduz tecnologia nacional para a produção de soros", em *Ciência Hoje* n.º 30 p. 14).

Todo organismo animal está constantemente produzindo uma série de anticorpos diferentes, dirigidos a antígenos nele introduzidos por alimentos, infecções etc. Assim, no soro obtido do animal de laboratório, estarão presentes outros anticorpos, além daqueles cuja produção foi induzida. Por apresentar anticorpos produzidos por vários clones de plasmócitos (células que secretam anticorpos no sangue e na linfa),

o soro produzido de maneira convencional é dito policlonal.

É possível obter, porém, outro tipo de solução, com anticorpos produzidos por um único clone e, portanto, idênticos entre si. São os anticorpos monoclonais, que apresentam várias vantagens sobre o soro policlonal, entre as quais se destacam: (a) especificidade (enquanto o soro policlonal pode conter anticorpos que reconheçam outras proteínas presentes na mistura, levando a resultados dúbios ou a falsos resultados positivos, esse risco é eliminado nos testes com anticorpos monoclonais, como o mostra a figura 3); (b) sensibilidade (como os anticorpos monoclonais apresentam-se mais concentrados, menores quantidades do antígeno podem ser detectadas); e (c) anticorpos monoclonais podem identificar epítopos diferentes numa mesma molécula do antígeno, uma vez que cada um deles é dirigido contra um desses epítopos.

A produção de determinado anticorpo monoclonal poderia ser feita, em princípio, pelo isolamento e cultura *in vitro* de um clone de plasmócitos, de modo a produzir o anticorpo desejado. Na prática, contudo, esse procedimento é inviável, pois os linfócitos B são células que não se mantêm em cultura por mais de alguns dias.

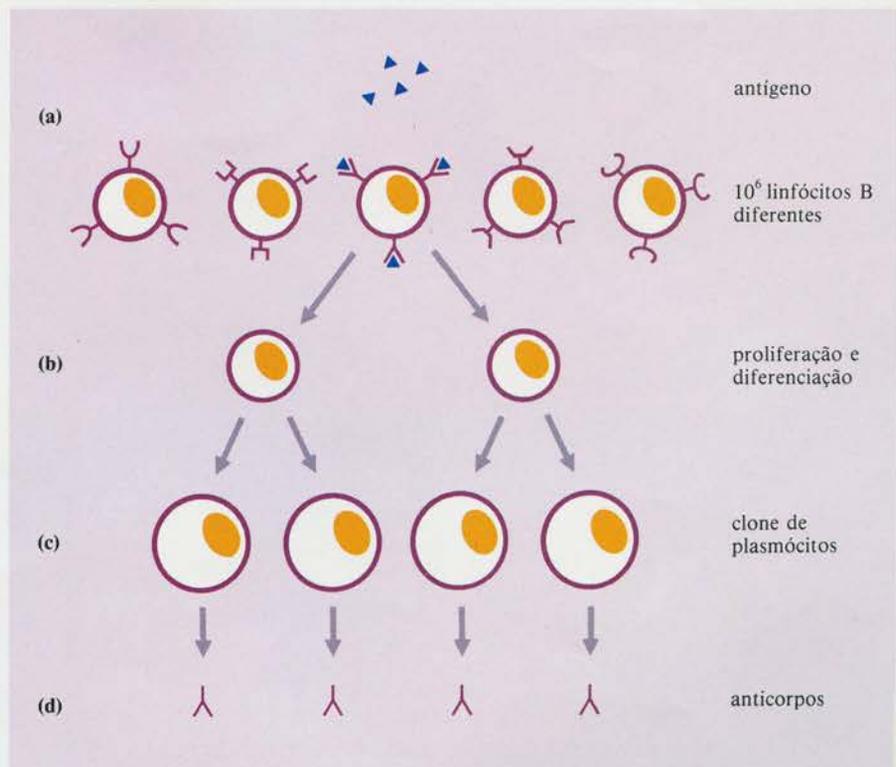


Fig. 2. O processo de seleção clonal — pelo qual o antígeno se liga especificamente ao linfócito B que apresenta o receptor de superfície a ele correspondente — envolve as seguintes etapas: (a) ao invadir o organismo, o antígeno se liga ao linfócito B, que produz moléculas de anticorpo específicas contra ele; (b) efetuada essa ligação, e ao receber sinais ativadores de outras células do sistema imune, o linfócito B passa a proliferar intensamente e se diferencia no plasmócito; (c) forma-se assim um clone de plasmócitos, isto é, uma população de células geneticamente idênticas, derivadas de uma única célula-mãe; (d) os plasmócitos produzem e secretam grandes quantidades do anticorpo, que passa à circulação, liga-se ao antígeno e induz sua remoção do organismo.

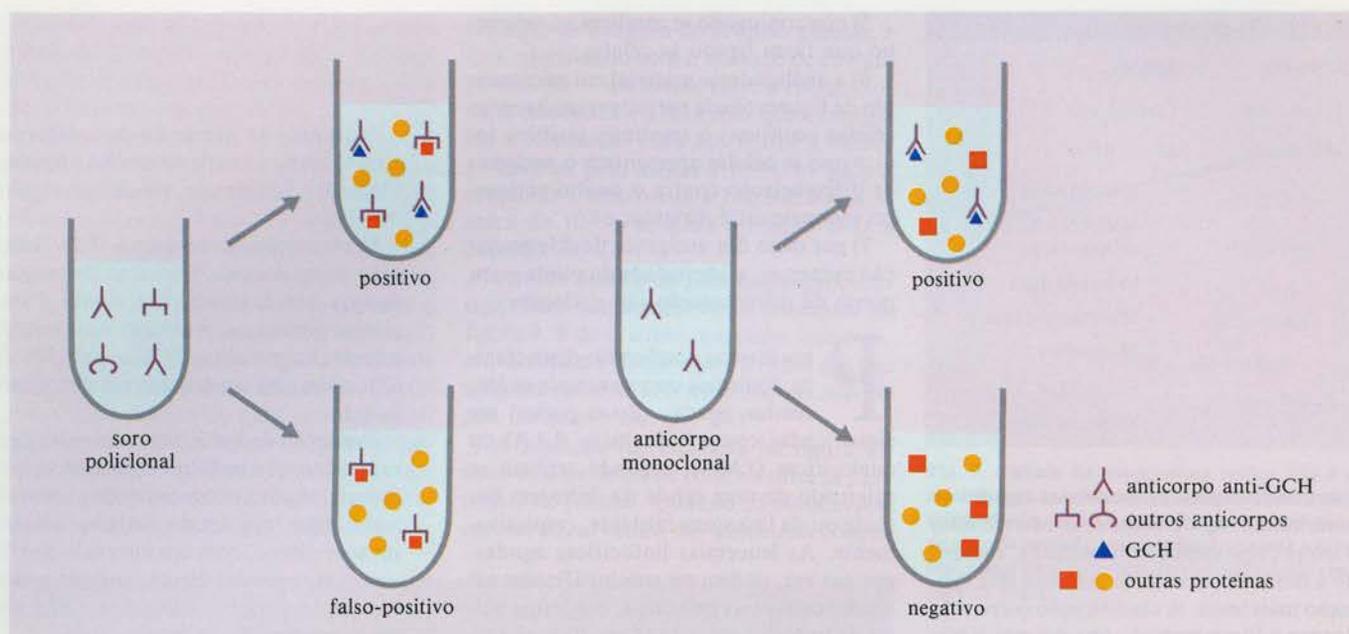


Fig. 3. O uso de anticorpos monoclonais permite testes mais específicos que os baseados em soro policlonal: sem resultados dúbios ou falsos.

Os pesquisadores Cesar Milstein, argentino, e George Köhler, alemão, trabalhando na Universidade de Cambridge, na Inglaterra, desenvolveram uma estratégia para superar esse problema. A solução a que chegaram consiste em fundir plasmócitos com células de um mieloma (tumor maligno de plasmócitos). As células híbridas resultantes, denominadas hibridomas, possuem as características de ambas as linhagens celulares parentais: sintetizam anticorpos e mantêm-se indefinidamente em cultura. Por sua importância e potencialidade, a nova tecnologia, divulgada em 1975, valeu aos seus autores o Prêmio Nobel de Medicina de 1984 (ver "O Leitor Pergunta", em *Ciência Hoje* n.º 20).

Na produção de anticorpos monoclonais utilizam-se em geral células de camundongo: além de ser fácil mantê-lo em laboratório, dispõe-se de linhagens geneticamente "puras" e bem definidas desse animal. Mas células de outras espécies — inclusive o homem — podem também ser utilizadas (ver "A produção de anticorpos monoclonais").

Os anticorpos monoclonais têm sido utilizados em todos os ramos das ciências biológicas e médicas, tanto na pesquisa básica como no diagnóstico, na prevenção e mesmo no tratamento de doenças.

Na medicina, uma das áreas que mais se tem beneficiado dessa tecnologia é a que se volta para o diagnóstico e o tratamento das leucemias, um tipo de câncer que se caracteriza pela proliferação exacerbada de células formadoras do sangue. As células que normalmente circulam no sangue são produzidas na medula óssea. Elas se origi-

nam de células "tronco" que têm a capacidade de se dividir e se diferenciar em várias linhagens celulares (figura 4).

Em contraste com os níveis em que são produzidas e mantidas no tecido sanguíneo em organismos normais, algumas dessas células apresentam, nas leucemias, um crescimento incontrolado e anormal. A classificação das doenças desse grupo depende

da identificação do tipo de célula afetada, bem como do ponto de diferenciação em que ela se encontrava no momento em que o crescimento leucêmico se iniciou. Até pouco tempo atrás, isto era feito, basicamente, por meio de critérios morfológicos (aspecto) e citoquímicos (características de coloração) das células leucêmicas. Também a evolução da doença fornecia indícios para

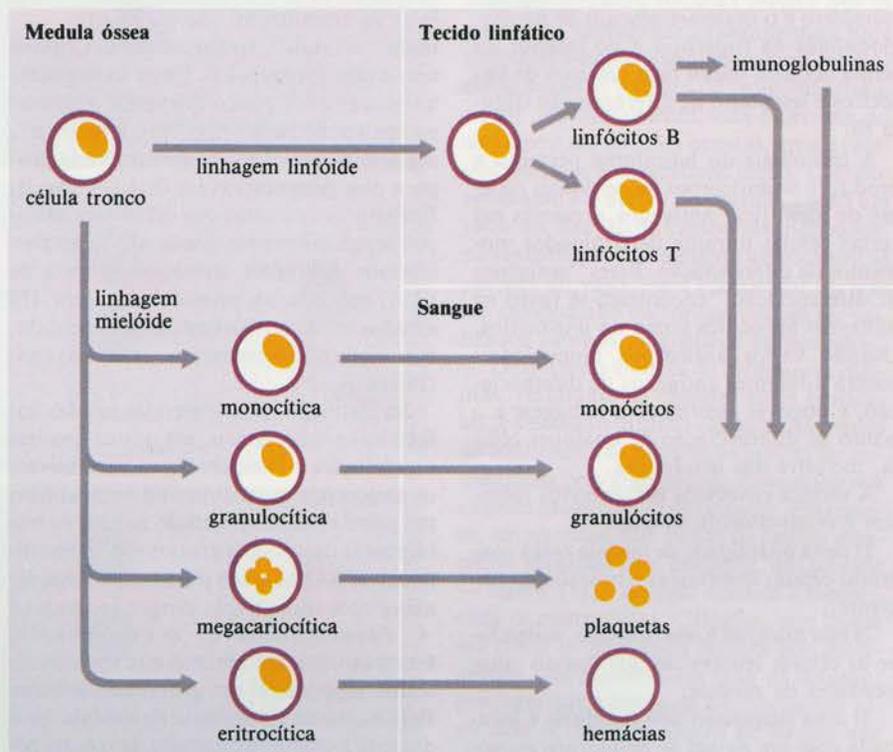


Fig. 4. Diferenciação do tecido linfo-hematopoiético. A partir de uma célula "tronco", diferenciam-se as células da linhagem linfóide (que vão constituir o tecido linfático) e as da linhagem mieloide, que integrarão o sangue. Cada tipo celular apresenta proteínas de citoplasma e de superfície características.

5. Classificação das leucemias

Crônicas	Agudas
Linfocítica	Linfocítica
Mielocítica	Mielocítica: <ul style="list-style-type: none">MieloblásticaMieloblástica com diferenciaçãoPromielocíticaMielomonocíticaMonocíticaEritrocíticaMegacariocítica

sua classificação: as leucemias agudas se manifestam rapidamente e, se não tratadas a tempo, têm evolução fulminante, causando a morte do doente; as crônicas têm evolução mais lenta. A classificação correta da doença é fundamental, uma vez que o tratamento e prognóstico variam muito segundo as várias formas de leucemia (figura 5).

Recentemente, foram descobertos outros sinais muito valiosos para a classificação das leucemias, por permitirem identificar o tipo de célula afetada ou o ponto de diferenciação das células do tecido linfohematopoiético. Trata-se, basicamente, da presença ou ausência de determinadas proteínas na membrana da célula ou em seu interior, o que é especialmente evidente na linhagem linfocítica. Por exemplo, o aparecimento e o desaparecimento de imunoglobulinas na superfície e no interior da célula definem muito bem subtipos de linfócitos e seu ponto de diferenciação (figura 6).

A tecnologia do hibridoma permitiu a produção de anticorpos monoclonais capazes de identificar antígenos presentes em certas células durante determinados momentos da diferenciação. Esses "antígenos de diferenciação" encontram-se tanto na linhagem linfocítica como na mielocítica. Usando vários anticorpos monoclonais contra diferentes antígenos de diferenciação, é possível identificar a linhagem e o ponto de diferenciação de qualquer célula, inclusive das leucêmicas.

A técnica envolvida nestes novos métodos é relativamente simples:

1) certa quantidade de medula óssea contendo células leucêmicas é retirada do paciente;

2) esse material é centrifugado, isolando-se as células leucêmicas dos demais componentes da medula;

3) uma suspensão dessas células é incubada com um painel de anticorpos monoclonais (AcM), dirigidos contra diferentes antígenos de diferenciação;

4) adiciona-se anticorpo antiimunoglobulina conjugado com fluoresceína;

5) esse conjugado se combina ao anticorpo que ficou ligado às células;

6) a análise desse material em microscópio de fluorescência permite reconhecer as células positivas; o resultado positivo indica que as células apresentam o antígeno de diferenciação contra o qual o anticorpo monoclonal é dirigido; e

7) por meio dos antígenos de diferenciação presentes, a identidade da célula e seu ponto de diferenciação são definidos.

Para ilustrar a aplicação desta técnica, tomemos como exemplo as leucemias agudas. Estas podem ser classificadas como linfocíticas (LLA) ou mielocíticas (LMA), segundo tenham se originado de uma célula da linhagem linfóide ou da linhagem mielóide, respectivamente. As leucemias linfocíticas agudas, por sua vez, podem ser subclassificadas em quatro categorias principais, conforme o tipo de linfócito afetado (T ou B), e seu estágio de diferenciação. Como, do ponto de vista morfológico, as células são muito semelhantes, a análise com um painel de anticorpos monoclonais é fundamental para a classificação correta das leucemias agudas, segundo os vários tipos mostrados na figura 7.

No momento atual, a imunofenotipagem das LLA auxilia sobretudo na previsão da resposta ao tratamento e no estabelecimento do prognóstico. Em adultos, por exemplo, as LLA tipo T respondem muito melhor ao tratamento que as de tipo "comum" e "null", enquanto a LLA tipo B tem o pior prognóstico. Entre as crianças, a situação é um pouco diferente: o melhor prognóstico é para o tipo "pré-B precoce", seguido de pré-B e T. Também neste grupo o pior prognóstico é o da LLA tipo B. Embora as respostas dos diferentes subtipos sejam diferentes, ainda não se estabeleceram diferentes tratamentos para as LLA, com base na imunofenotipagem. Há estudos em desenvolvimento neste sentido, mas ainda não forneceram resultados conclusivos.

Na distinção entre leucemias agudas linfocíticas e mielocíticas, em que as análises morfológica e citológica são inclusivas, os anticorpos monoclonais desempenham um papel crucial, sobretudo porque os tratamentos destes dois grupos são muito diferentes. As LMA são tratadas por uma semana com duas a três drogas (citarabina + daunorubicina e, ocasionalmente, 6-tioguanina), tratamento que é eventualmente repetido. É um grupo que se beneficia muito de transplante de medula feito durante a primeira remissão, isto é, no período de regressão das células leucêmicas logo após o primeiro ciclo de drogas. As LLA, por outro lado, demandam um tratamento bem mais demorado — aproxima-

PRO

A técnica de produção de anticorpos monoclonais a partir de células híbridas, chamadas hibridomas, envolve as seguintes etapas.

Manutenção do mieloma. Três linhagens de mielomas, derivadas de camundongos, são normalmente usadas. Essas células podem ser mantidas em meio de cultura, em estufa a 37°C e com 5% de CO₂ no ar, ou congeladas em nitrogênio líquido.

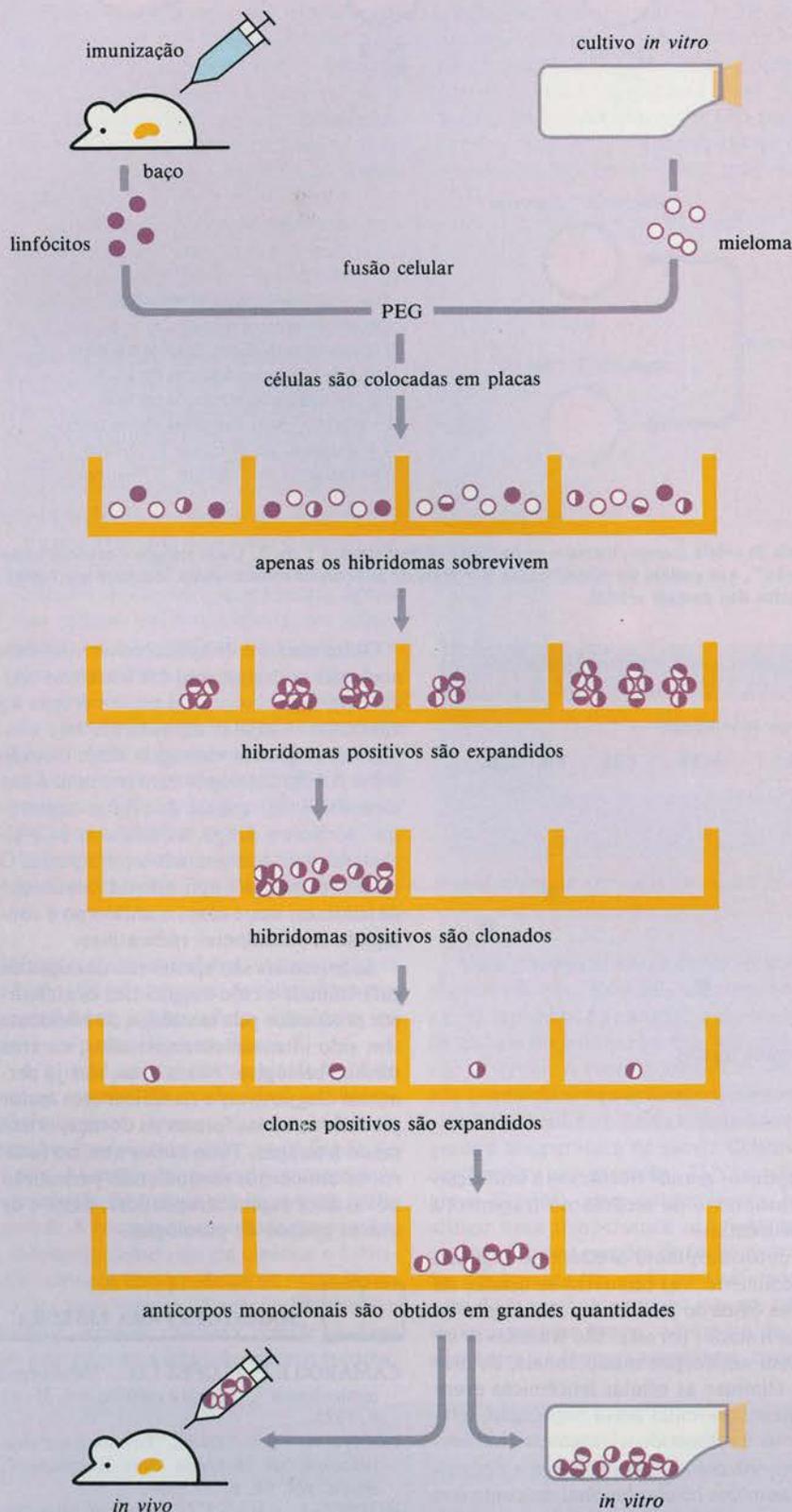
Produção de linfócitos imunes. O procedimento que utilizamos para imunizar camundongos contra antígenos solúveis inclui duas injeções do antígeno em adjuvante oleoso, com um intervalo de três semanas, seguidas de uma injeção endovenosa do antígeno solúvel três dias antes da realização da fusão celular.

Fusão celular. O animal é sacrificado, seu baço é removido e dele é preparada uma suspensão de células, rica em linfócitos. Após misturar essas células com as do mieloma, adiciona-se polietileno glicol (PEG), que, por causar lesões momentâneas nas membranas das células, facilita a fusão celular.

Desse processo resultam cinco tipos de células: (a) linfócitos normais; (b) híbridos linfócito-linfócito; (c) células de mieloma; (d) híbridos mieloma-mieloma; e (e) híbridos linfócito-mieloma, que são os hibridomas que se desejam cultivar. As células (a) e (b) não sobrevivem em cultura além de poucos dias e as do tipo (c) e (d) são eliminadas através do cultivo num meio seletivo composto por hipoxantina, aminopterina e timidina, chamado meio seletivo HAT. Vejamos como isto ocorre.

Para se reproduzir, a célula deve sintetizar uma nova molécula de ácido desoxirribonucléico (ADN), portadora de material genético. Essa síntese pode ser feita por duas rotas metabólicas, chamadas via "de novo" e via "de salvação". Uma das enzimas necessárias para a síntese de ADN pela via de salvação é a hipoxantina-guanina fosforibosil-transferase (HGPRTase), codificada por um gene localizado no cromossomo X. As células dos mielomas utilizados para produção de anticorpos monoclonais têm mutações exatamente neste gene, de modo que não possuem a enzima e só podem sintetizar ADN pela via *de novo*. Ocorre que a aminopterina, um dos componentes do meio seletivo HAT, tem a propriedade de inibir a síntese de ADN pela via *de novo*. Sendo geneticamente incapazes de sintetizar ADN pela via de sal-

PRODUÇÃO DE ANTICORPOS MONOCLONAIS



vação e estando a via *de novo* bloqueada, as células do mieloma desaparecem da cultura. Como os genes do linfócito possibilitam a formação da enzima HGPRTase normal e, portanto, a síntese de ADN pela via de salvação, os hibridomas derivados da fusão linfócito-mieloma são as únicas células a sobreviver.

Seleção dos hibridomas positivos. Após a fusão, as células são cultivadas em placas plásticas com 96 compartimentos, em concentração de cem mil células por 0,1 ml de meio de cultura/compartimento. Cerca de uma semana mais tarde, os primeiros hibridomas podem ser vistos, como grupos de células com tamanho similar ao das neoplásicas. Nesse momento, deve ser feito um teste com o meio de cultura onde estão as células, para avaliar a presença do anticorpo de interesse. Entre os testes disponíveis, os mais utilizados são a imunofluorescência e o teste imunoenzimático ou ELISA, ambos descritos em "AIDS: síndrome da imunodeficiência adquirida", em *Ciência Hoje* n.º 27.

Expansão, clonagem e conservação de hibridomas positivos. Identificados os compartimentos que contêm hibridomas positivos para produção do anticorpo desejado, os mesmos são expandidos, isto é, colocados em volumes progressivamente maiores de meio de cultura. A etapa seguinte é a clonagem do hibridoma, feita geralmente por diluição limitante: colocam-se células isoladas em cada compartimento de uma placa, o que permitirá que ali se forme uma população constituída de células geneticamente idênticas e originadas de um único ancestral. Essa etapa é importante, porque no compartimento positivo pode haver hibridomas negativos crescendo também; a clonagem garante que se está trabalhando com populações puras de células. Posteriormente, os hibridomas positivos são novamente expandidos e amostras são conservadas congeladas em nitrogênio líquido.

Produção em grande escala de anticorpos monoclonais. Os hibridomas são uma fonte inesgotável de anticorpos monoclonais. Dois métodos permitem obter grandes quantidades destes reagentes: o cultivo *in vitro* de hibridomas em volumes progressivamente maiores de cultura ou a injeção de células do hibridoma em camundongos. Neste caso, forma-se um tumor, geralmente contendo uma cavidade, cujo líquido será extremamente rico em anticorpos monoclonais.

Produção de anticorpos monoclonais pela tecnologia do hibridoma.

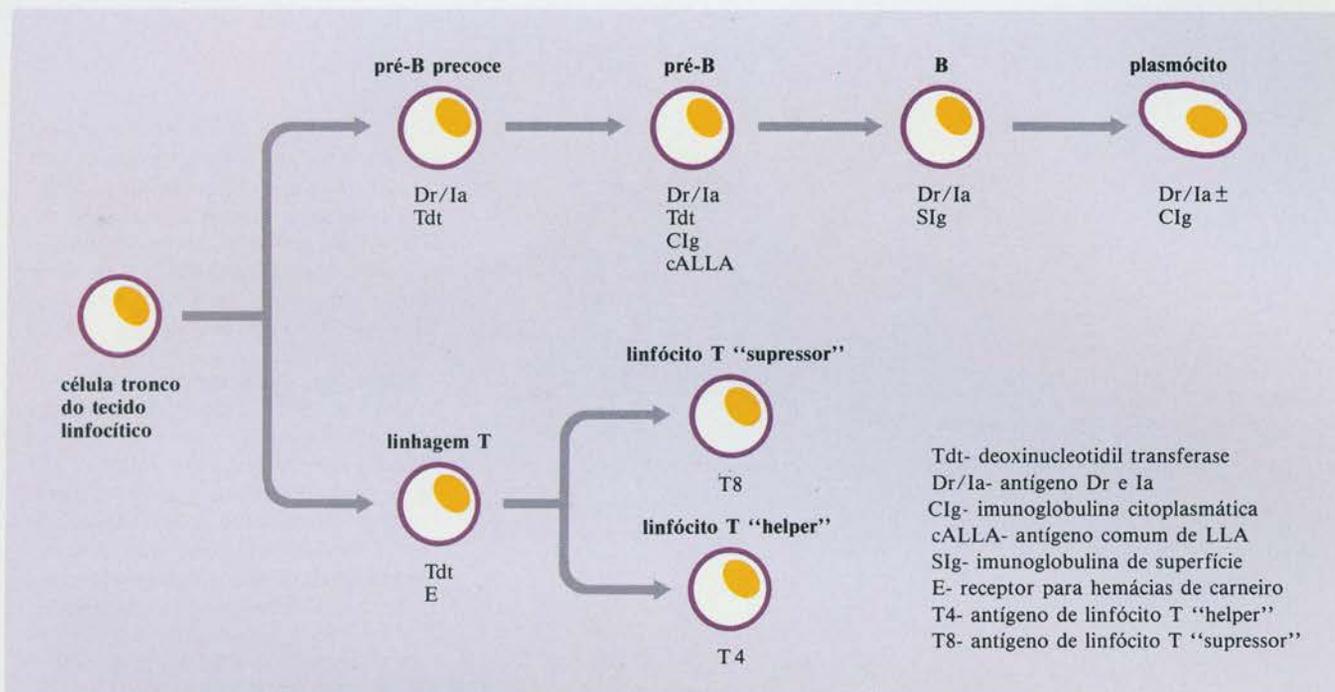


Fig. 6. Diferenciação normal da célula linfocítica. A partir da célula tronco, formam-se linfócitos diferenciados T ou B. Cada estágio é caracterizado pela presença de determinados "antígenos de diferenciação", que podem ser identificados por meio de anticorpos monoclonais. Estudos morfológicos normais são capazes apenas de distinguir o plasmócito das demais células.

7. Classificação das leucemias agudas com base em análise celular feita com painel de anticorpos monoclonais.

Leucemia aguda	Anticorpo monoclonal						
	Tdt	Dr/Ia	cALLA	MY9	Clg	SIg	E
Linfocítica:							
null	●	●	●	●	●	●	●
comum pré-B	●	●	●	●	●	●	●
B	●	●	●	●	●	●	●
T	●	●	●	●	●	●	●
Mielocítica:							
M1	●	●	●	●	●	●	●
M2 a M7*	●	●	●	●	●	●	●

● positivo ● negativo ● positivo ou negativo

* As LMA tipo M2 a M7 são ainda mais bem identificadas por critérios morfológicos e citoquímicos que as distinguem claramente das formas linfocitárias.

damente dois anos —, com uso de maior número de drogas (vincristina, metotrexate, ciclofosfamida, prednisona, asparaginase, mercaptopurina e outras). Este grupo responde melhor ao tratamento quimioterápico e, em geral, só se recorre a transplante de medula se a doença volta a aparecer.

Se têm valor já comprovado no diagnóstico das várias formas de leucemia, a utilização dos anticorpos monoclonais no tratamento dessas doenças está ainda em estágio precoce, não permitindo conclusões definitivas. Entretanto, esses reagentes já estão sendo usados, com certo sucesso, em autotransplantes. Nestes, é utilizada a medula do próprio paciente, o que permite evi-

tar rejeição, grande obstáculo à utilização do transplante de medula no tratamento das leucemias.

O autotransplante obedece ao seguinte procedimento: (a) removem-se células da medula óssea do paciente leucêmico previamente tratado; (b) estas são tratadas *in vitro* com anticorpos monoclonais, de modo a eliminar as células leucêmicas eventualmente presentes nessa população; (c) o paciente é submetido a tratamento antileucêmico intensivo, que promove a destruição tanto das células leucêmicas como das células normais da medula óssea; e (d) por fim, as células da medula óssea previamente retiradas e tratadas com anticorpos monoclonais são repostas.

Outra maneira de aplicar anticorpos monoclonais no tratamento das leucemias consiste em ligar toxinas ou outras drogas ao anticorpo, e injetar no paciente esse conjugado. A grande vantagem desse método sobre a quimioterapia convencional é sua especificidade: apenas as células cancerosas recebem a droga, evitando-se os efeitos colaterais que limitam o tratamento. O mesmo princípio é aplicado na localização de tumores; neste caso, o anticorpo é conjugado a substâncias radioativas.

As leucemias são apenas um dos tipos de enfermidade a cujo diagnóstico os anticorpos produzidos pela tecnologia do hibridoma têm sido intensamente aplicados, na área médico-biológica. Nessa área, eles já permitem diagnosticar e classificar com maior precisão as várias formas da doença, orientando a terapia. Tudo indica que, no futuro, os anticorpos monoclonais permitirão novas abordagens terapêuticas, deste e de outros grupos de patologias.



SUGESTÕES PARA LEITURA

CAMARGO E.P. e LOPES J.D., "Anticorpos monoclonais", *Ciência e cultura*, vol. 35, nº 8, 1983.

FOON K.A. e R.F. TODD, "Immunologic classification of leukemia and lymphoma", *Blood*, vol. 68, nº 1, 1986.

HUDSON L. e HAY F.C., *Practical immunology*. Londres, Blackwell Scientific Publications, 1983.

WILLIAMS. J.W., *Hematology*. Nova Iorque, McGraw-Hill Inc, 1983.

CZ\$

16.500.000.000,00



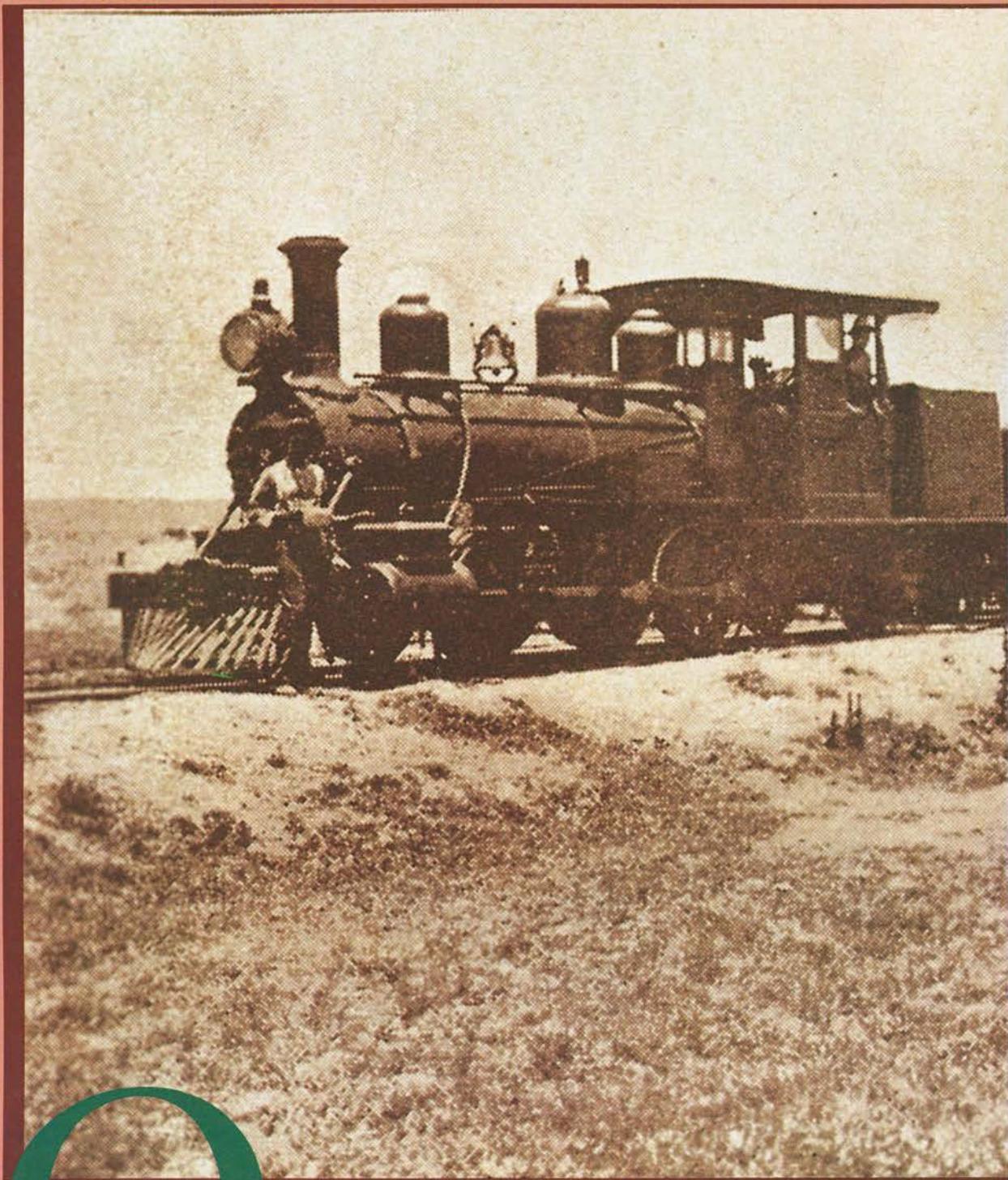
Os rendimentos da
Conta Remunerada
Bamerindus
passaram da conta.

O Bamerindus foi o primeiro banco a mobilizar a sua tecnologia, para que o dinheiro do cliente não ficasse parado em conta corrente. Foi quando, em 1985, nasceu a CONTA REMUNERADA BAMERINDUS.* Em abril de 88 já estamos alcançando 900.000 clientes de conta remunerada. Venha ser um deles. De agosto de 87 a março de 88 os clientes da Conta Remunerada Bamerindus ganharam Cz\$ 16.500.000.000,00 (dezesesseis bilhões e quinhentos milhões de cruzados), sobre recursos que antes não lhes rendiam nada. Aos bancos que, só hoje, estão lançando a sua conta remunerada, as boas vindas, porque seus clientes também merecem. O banco pioneiro em conta remunerada sabia desde o lançamento que o mercado não seria mais o mesmo. Todos os bancos teriam que segui-lo, afinal, as boas idéias são para isto mesmo. Para atender as necessidades dos nossos clientes. Em primeiro lugar. Abra uma Conta Remunerada Bamerindus.

 **BAMERINDUS**
Pensando em seus clientes.
Em primeiro lugar.

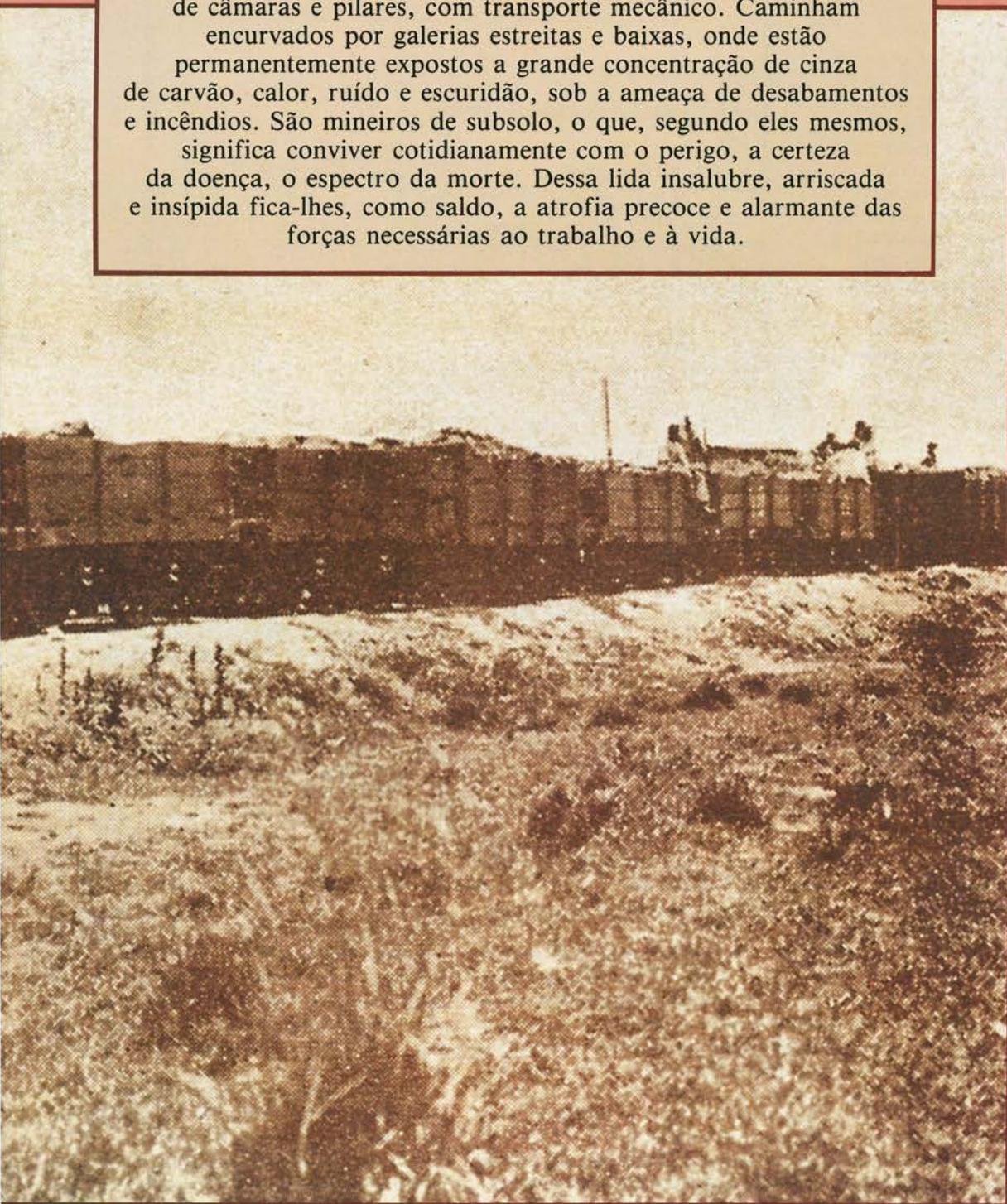
Conta Remunerada
BAMERINDUS

* A Conta Remunerada Bamerindus é lastreada exclusivamente com títulos do Governo Federal.



O S HOMEN

Trabalham na extração do carvão, em galerias de 300 metros de profundidade, numa mina explorada pelo sistema tradicional de câmaras e pilares, com transporte mecânico. Caminham encurvados por galerias estreitas e baixas, onde estão permanentemente expostos a grande concentração de cinza de carvão, calor, ruído e escuridão, sob a ameaça de desabamentos e incêndios. São mineiros de subsolo, o que, segundo eles mesmos, significa conviver cotidianamente com o perigo, a certeza da doença, o espectro da morte. Dessa lida insalubre, arriscada e insípida fica-lhes, como saldo, a atrofia precoce e alarmante das forças necessárias ao trabalho e à vida.



Postal cedido pela autora — Minas de São Jerônimo, RS, 1888

NS DA MINA

Estamos em Charqueadas, município do Rio Grande do Sul. Aqui se encontra uma das três minas de subsolo que se somam às de céu aberto neste estado que concentra 90% das reservas de carvão energético do país. As condições de vida e de trabalho vigentes são bastante expressivas daquelas de toda uma comunidade ocupacional: a dos mineiros de carvão, especialmente os de subsolo.

Esses trabalhadores vivem num mundo próprio, moldado pela esfera do trabalho — o mundo dos mineiros de carvão. É pela referência ao valor “trabalho” e à categoria “mineiro” (como símbolo de *status*) que se constrói a identidade social desse grupo. Por isso, privilegiamos a análise da natureza e da organização do seu trabalho a partir do modo como o representam.

Superfície e subsolo são os dois domínios em que está recortada a esfera do trabalho. É no subsolo, onde se chega por poços verticais, que se desenrola o processo extrativo propriamente dito. Ali, a base do poço centraliza as galerias reais ou mestras, de que partem as galerias secundárias, que dão acesso às frentes de extração. Nestas, após a perfuração e o carregamento dos furros com explosivos, o carvão é destacado pela dinamitação da camada. O carvão detonado é despejado com pás nas calhas previamente instaladas, iniciando-se em seguida as operações de madeiramento do teto e de transporte do carvão.

Para os mineiros, sua jornada de trabalho é de oito horas, porque contam o tempo gasto no percurso feito a pé no interior da mina, não computado pela companhia. De fato, não há como deixar de considerar o tempo total em que permanecem nas galerias estreitas e baixas, onde a escassa circulação do ar favorece a concentração das partículas de poeira. Isso assume especial gravidade em face do teor de cinzas (variação de 50 a 60%) e de piritas (7%) do carvão gaúcho (que, para ser comercializado, precisa ser lavado e beneficiado).

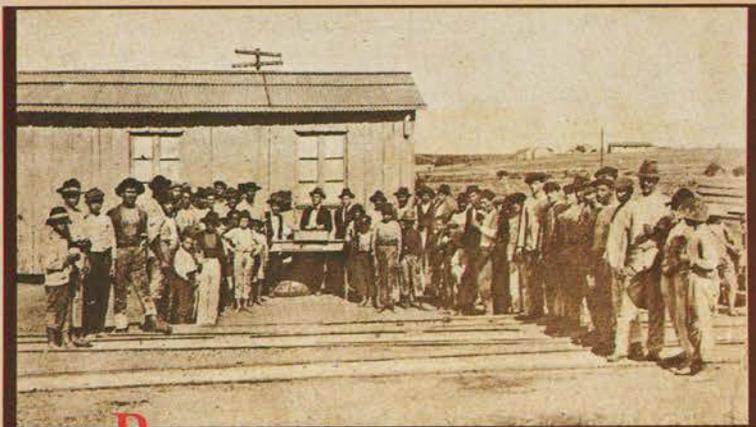
A exposição prolongada a essas condições causa doenças pulmonares, a que os mineiros dão o nome genérico de “caverna”. A antracose (pneumoconiose por carvão) é a mais comum, e atinge sobretudo os que trabalham nas frentes de produção. O índice de doença e morte é particularmente elevado entre os trabalhadores de 30 a 40 anos de idade. Por ocasião da aposentadoria — aos 15 anos de trabalho para quem trabalha nas frentes de produção, aos 20 para os demais —, o mineiro faz jus a um diploma às avessas: uma abreugrafia que lhe limita as possibilidades de outro emprego.

A antracose não é a única doença profissional que ronda esses homens. O trabalho em postura inadequada e na semi-obscuridade, o barulho das detona-

ções em ambiente fechado, a ameaça constante de acidentes fatais tornam comuns patologias extrapulmonares como lombalgia, problemas de visão, surdez, estresse psíquico e hipertensão arterial. Essas patologias não são, contudo, classificadas pela legislação pertinente como doenças profissionais. Só a fase mais avançada da doença respiratória, com perda de 50% da capacidade pulmonar, permite a aposentadoria por invalidez. A política do carvão não inclui qualquer plano de proteção à saúde do trabalhador. Este, em troca do sacrifício de seu corpo, recebe um auxílio complementar à guisa de taxa de insalubridade, com o que os empregadores se eximem de sanear o ambiente de trabalho.

A submissão ressentida do mineiro a essas condições transparece na sua percepção da mina como um mundo negro e escuro, onde “...entra-se sãozinho feito novo e sai-se cuspidando preto”. Da mesma forma, o risco de desabamentos e de incêndios (dado o uso de explosivos) lhe aparece como inerente ao seu universo de trabalho.

Os constrangimentos a que esses homens estão submetidos na esfera do trabalho invadem sua esfera doméstica. A fatalidade (a morte por acidente ou doença) aparece como mais uma noção estrutural do trabalho dos mineiros e do cotidiano de sua família. Eles compartilham, implícita ou explicitamente, um código de emoções e sentimentos em que predominam o medo e a insegurança diante do “imponderável”, tão presente nessa condição de trabalho marcada pelo perigo e a insalubridade.



PAGAMENTO DO PESSOAL DE OFICINAS.

Significativamente, sentimentos conflitivos são transformados em valores positivos, como os de heroísmo e bravura, expressos na “força” e na “coragem”. Esses valores — consubstanciados na trajetória histórica e na memória coletiva do grupo dos mineiros de carvão — não estão associados meramente ao trabalho: são princípios de sua organização social.

A mina de carvão é apreendida pelo mineiro como espaço essencialmente masculino, onde se faz “...um trabalho de homem”. De fato, nas concentrações mineiras, é característico que só o homem tenha acesso ao trabalho produtivo direto e assalariado, o que fundamenta a divisão do trabalho familiar e hierarquiza os papéis sociais enquanto sexo-gênero. Ao trabalho, dimensão importante na construção da identidade social do mineiro, acrescenta-se portanto outra categoria valorativa, marcante na elaboração de um código expressivo de práticas e representações peculiares: a masculinidade.

O domínio público está associado, na visão desse grupo, ao desempenho de um papel masculino, restringindo-se o papel feminino ao domínio privado e à casa. As esferas do trabalho e doméstica são, pois, espaços sociais hierarquizados, demarcados pela diferença biológica masculino/feminino enquanto gêneros sociais. A periculosidade e a insalubridade de “um cotidiano com cheiro de morte”, associadas às distinções biológicas — retraduzidas em mais uma ordem sócio-cultural —, aparecem como os elementos que estruturam a construção da identidade social do grupo e dão forma a um estilo de vida.

Tanto para os que têm origem na própria região carbonífera como para os que vêm do meio rural, atraídos por uma atividade que absorve mão-de-obra não qualificada, a opção pela mineração é vista, antes de mais nada, como forma de assegurar a própria sobrevivência e a da família. Mas outros determinantes, de ordem simbólica, diferenciam os mineiros de outros grupos de trabalhadores urbanos. Entre os que pertencem a famílias de mineiros, princípios de descendência por consanguinidade e afinidade aparecem como organizadores das trajetórias ocupacionais. Ao optar pela minera-

ção, eles estão muitas vezes procurando recuperar essa categoria do domínio do parentesco, a descendência que enfatiza a patrilinearidade. Ao inserir-se na unidade produtiva, buscam, assim, dar continuidade a uma linhagem masculina (ver “Arroio dos Ratos: a pré-história”).

Portanto, para além dos fatores econômicos, o ingresso na mina pode ter raízes na subjetividade. Expressões como “puxar o pai” ou “ter raça de mineiro” revelam o valor atribuído à continuidade de um grupo de *status* com base na tradição familiar. A existência, entre os mineiros, de uma rede de auxílio — também tradicional — que

associa famílias, parentes, amigos e compadres é outro elemento que induz o filho de um mineiro a adotar a atividade do pai.

Ao ingressar no mundo do trabalho, os mineiros se inserem num sistema articulado de relações pessoais que tomam a forma da “intermediação” e da “proteção”. Essa rede de favores que permeia o universo mineiro envolve tipicamente relações assimétricas, de mando e poder por um lado, de subordinação por outro.

O processo de admissão envolve o atendimento de uma série de pré-requisitos estipulados pelas leis trabalhistas. Não está previsto, entretanto, um estágio de treina-

ARROIO DOS RATOS: A “PRÉ-HISTÓRIA”

Ao avaliar sua prática de trabalho, os mineiros do grupo estudado tomam como referência os “tempos difíceis lá em Ratos”. Referem-se a Arroio dos Ratos, localidade da região carbonífera do Rio Grande do Sul que simboliza os primeiros tempos da mineração.

Iniciada em meados do século XIX, a indústria gaúcha do carvão encontrou, por ocasião das duas guerras mundiais, conjunturas excepcionalmente propícias ao seu desenvolvimento. A redução das exportações e a diversificação da produção provocaram o aumento da demanda de carvão no mercado interno, o que deu lugar a um aproveitamento intenso de mão-de-obra estrangeira e local. Formou-se então, em torno dos centros de mineração e em núcleos urbanos cada vez maiores, uma comunidade industrial relativamente isolada das demais categorias produtivas. Esse isolamento acentuou-se durante a Segunda Guerra Mundial, quando se atribuiu aos mineiros uma função fundamental como tropa de retaguarda. Seu papel social foi reforçado e revestido de atributos simbólicos, como a bravura e o heroísmo desmonstrados no trabalho esgotante para atender a um mercado em expansão, sob regime de guerra.

Foi nesse período de intensa arremetida da mão-de-obra mineira que Arroio dos Ratos conheceu um surto de urbanização sem precedentes e tornou-se a cidade-símbolo da atividade mineira carbonífera. Estabeleceu-se então ali, entre companhia e mineiros, uma situação do tipo “fábrica-vila operária”. A fixação dos mineiros no local era facilitada pela

companhia, que lhes fornecia moradia e descontava o aluguel do salário. De fato, a ascendência da companhia ia além da esfera do trabalho, exercendo-se sobre a moradia, o tempo livre, o lazer, a educação e a religião dos mineiros e de suas famílias. Essa relação totalizante e assimétrica, característica dos sistemas de “usina com vila operária”, permitia à companhia um controle bastante eficaz da vila e do cotidiano de seus habitantes.

Se hoje, entre os mineiros que estudamos, essa relação mineiro-companhia é idealizada, e essa época descrita como “tempo áureo do carvão”, a memória das condições de trabalho no passado está longe de ser idílica. Os que lá trabalharam tendem antes a evocar os constrangimentos vividos na situação de trabalho. Nos momentos de ampliação da produção, há um estímulo máximo à produção, em detrimento dos cuidados com a segurança, e os riscos aumentam. Assim, em Arroio dos Ratos, nos períodos de maior demanda de carvão, eram frequentes os acidentes, sobretudo por desabamento. Ocorriam também inundações nas minas. Ganhando por produção, os mineiros faziam gratuitamente os trabalhos de reparo das galerias.

Na memória dos mineiros, Arroio dos Ratos ficou marcado também pela intensa mobilização da categoria pela criação de seu sindicato, a qual veio a ocorrer em 1933. As perseguições policiais, as prisões, as reuniões clandestinas, os líderes sindicais de então são lembranças de um momento crucial na história da categoria, na época uma das mais combativas do estado.

Finda a guerra, a conjuntura econômica deixou de ser favorável ao carvão, que perdeu o favoritismo para outra fonte de energia: o petróleo. As minas de Arroio dos Ratos foram sendo desativadas, alegando a companhia o esgotamento da bacia carbonífera local. Aos poucos a comunidade mineira desagregou-se e a mão-de-obra excedente emigrou em busca de trabalho.

Ao mesmo tempo em que paralisava a atividade industrial em Arroio dos Ratos, a companhia retomou um antigo projeto de abertura de uma mina em outra localidade: Charqueadas, à margem do rio Jacuí, próximo ao porto escoador. Intensificou as sondagens nessa área e localizou um leito de carvão a 300 metros de profundidade. Simultaneamente, foi incentivado o funcionamento de uma usina termelétrica com tecnologia adaptada ao consumo do carvão gaúcho.

Arroio dos Ratos, que viveu então uma verdadeira diáspora de sua população ativa, recebeu o estigma de cidade fantasma. Os mineiros dispensados foram sendo gradativamente readmitidos na nova mina, com salários inferiores. Charqueadas transformou-se, de porto escoador do carvão trazido de Arroio dos Ratos, em promissor centro industrial, com urbanização crescente.

A Arroio dos Ratos, que perdera *status* de centro carbonífero, restou o privilégio de ostentar, a partir de 28 de dezembro de 1974, um monumento ao mineiro — símbolo de um século de mineração, lembrança de um tempo áureo para a economia do carvão e para a população mineira da localidade.

mento prático, e a aprendizagem é feita no convívio com colegas mais experientes. Em contrapartida, direitos, deveres e proibições são prescritos como condições objetivas para o ingresso na atividade.

A companhia, em seu trabalho pedagógico para inculcar no neófito o comportamento que lhe parece ideal para assegurar a rentabilidade econômica e simbólica do empreendimento, enfatiza, acima de tudo, o valor “responsabilidade”. Nesse processo de disciplinamento, os neófitos introjetam as sanções normalizadoras que lhes são impostas como “regras da casa”.

O modo peculiar como o mineiro do subsolo apreende sua inserção no processo de trabalho pode ser mais bem compreendido na referência às determinações de tempo, espaço, condições ambientes e à estrutura salarial e de cargos da empresa, que determina a divisão técnica e a organização social do trabalho.

Na óptica dos mineiros, eles recebem da companhia dois “ordenados”. O primeiro corresponde ao piso salarial; o segundo remunera a produção e a ele se somam os adicionais: horas extras e taxa de insalubridade. Ou seja, o salário por tempo é metamorfoseado em salário por peça — forma modificada do salário por tempo que pressupõe a produção além da “chapa” (pontos) mínima estabelecida pela administração.

Já os que trabalham na base do poço (manutenção, transporte e serviços afins) recebem o que chamam de “gratificação” sobre o total do carvão produzido, o que equivale em média a 1% do piso salarial.

Assim como a estrutura salarial, a política de cargos é utilizada pela companhia como fator de disciplinamento da força de trabalho. Ascender na hierarquia da empresa implica, evidentemente, exercer funções de poder e mando no controle e garantia do processo de produção. Ao mesmo tempo em que é a subordinação às normas disciplinares que lhes abre a possibilidade dessa ascensão, os mineiros vêem nela um rompimento com o trabalho em favor do capital. Atribui-se ao sota-capataz ou ao capataz (conquanto mineiros), o rompimento com os valores e a identidade próprias do “mineiro de carvão”.

É o mineiro das frentes de produção que entra em contato mais direto com o objeto de trabalho da mina, o carvão a ser extraído. Assim, não só ele próprio, mas também o mineiro que trabalha na base do poço, valoriza, ao descrever o processo produtivo, o trabalho “no desmonte”, que, a seus olhos, é o verdadeiro “trabalho no carvão”.

Ser mineiro de frente significa trabalhar em equipes responsáveis por uma seqüência de tarefas na transformação da matéria bruta. O sistema é denominado “galeria longa em equipe polivalente com semi-autonomia”. São grupos não especializados, que trabalham sob o comando do “patrão” de equipe, selecionado pela gerência segundo seus critérios de experiência e dedicação. É esse homem o responsável pelo rendimento do grupo.

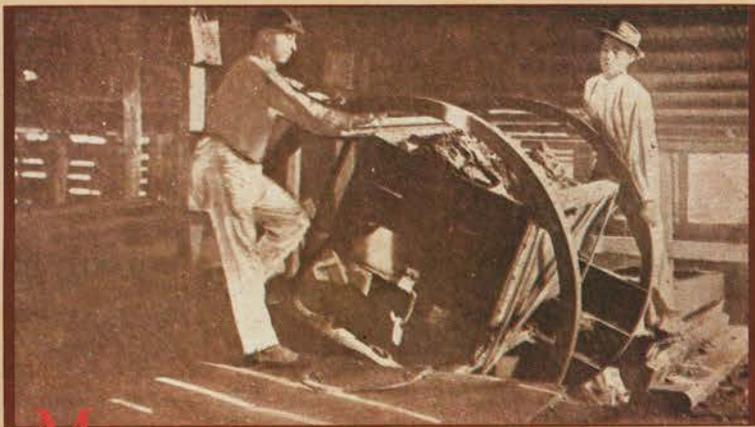
As equipes são selecionadas pela chefia imediata (capataz de terno) e apresentam baixa rotatividade. Diferenciam-se, do ponto de vista da organização do trabalho,

daquelas que trabalham nas galerias reais, na base do poço, e que são especializadas (em manutenção, mecânica e eletricidade, por exemplo). Embora a atividade dessas equipes na base do poço exija uma qualificação socialmente valorizada como “profissão”, é o trabalho no desmonte — mais brutalizado e mais atroficante da força humana — o mais significativo e idealizado pelos mineiros.

O trabalho na frente de produção exige atributos físicos que diferenciam os que o executam dos mineiros da base do poço e da superfície. Estes últimos, muitas vezes, trabalham ali por não terem suportado o trabalho rude da extração, por problemas de saúde ou idade avançada. Aqueles que trabalham na superfície por ainda não terem alcançado a idade mínima para trabalhar no subsolo (21 anos) idealizam a “descida” na mina como forma de obter melhor salário e de conquistar — segundo seus códigos — o *status* de mineiros. Assim, é atribuída uma extrema “qualificação” ao trabalho nos setores produtivos diretos: o trabalho manual, socialmente desclassificado, é revalorizado nesse grupo com base no modo como avaliam não só o “conhecimento” necessário para ser mineiro de frente como o grau de responsabilidade e autonomia que essa atividade exige e permite. Valores que o capital inculca com vistas à maior eficácia na produção reaparecem, portanto, subjetivados, no modo como cada trabalhador percebe sua inserção no espaço de produção.

A organização em equipe implica, além do trabalho coletivo, a autonomia do grupo com relação ao tempo, ritmo e espaço técnico da produção. A ausência de mecanismos de vigilância direta contraria, em princípio, a organização científica do trabalho nos moldes clássicos de Taylor. Mas, de fato, essa reformulação na organização técnica corresponde a novas formas de controle da força de trabalho. A competição entre as equipes e dentro delas é estimulada pela política salarial da empresa (salário por produção), pela política de cargos e, finalmente, pela inculcação do trabalho — fundado na responsabilidade e no controle sobre o tempo e o ritmo da atividade — como valor que beneficiará sempre o próprio trabalhador.

A eficácia do disciplinamento da força de trabalho é garantida por uma “ação pedagógica” pela qual as regras da casa são interiorizadas pelos mineiros segundo o grau de responsabilidade que lhes é conferido. Por outro lado, no trabalho em equipe e coletivo, onde cabe ao “patrão” de equipe estimular e assegurar o cumprimento das normas, são reforçados valores e atributos fundados na tradição que associa o mineiro a um trabalho eminentemente



MINEIROS DESCARREGAM VAGONETES DE CARVÃO.



CASA DE MÁQUINAS E PESSOAL DO POÇO 3.

“masculino”, árduo, que demanda homens fortes, responsáveis e “qualificados”. Mergulhar num mundo de extrema periculosidade e insalubridade transmuda-se assim no “natural”.

É analisando a função do “patrão” de equipe que melhor se percebe a sutileza da dominação ideológica exercida nas minas, uma vez que, por meio dela, reproduz-se na equipe, subjetivamente, uma estrutura hierarquizada de poder, própria do sistema capitalista. O papel estimulador do “patrão” implica o reforço de uma simbologia sexista masculina no interior da unidade produtiva, pela internalização e reprodução de aspectos estruturais de uma ordem cultural dominante. Estão envolvidas aí uma ação pedagógica e uma inculcação de princípios de disciplinamento que introduzem elementos que passam a definir o próprio universo cultural do mineiro.

Verifica-se que, concomitantemente à reprodução da submissão da força de trabalho pela dominação técnica e ideológica, os mineiros recriam, nesse espaço e nesse tempo, formas de comunicação e de organização que estruturam um universo de vivências que correspondem a expressões culturais que lhes são próprias. Se agem numa realidade dada — a organização capitalista do trabalho —, pensam e interpretam, a seu modo, essa mesma realidade. É aí que se pode detectar uma postura de resistência: valores e normas internalizados adquirem, ao se exteriorizar, algum nível de confronto e oposição face à ordem capitalista.

Elementos de um sistema de significados estão presentes no cotidiano de trabalho desses homens, o que permite considerar,

nesse tempo e espaço fortemente estruturados, a construção de fronteiras simbólicas que delimitam “um grupo de mineiros”. Assim, por exemplo, um conjunto de práticas sociais de grande informalidade — consensualmente identificadas como lúdicas, jocosas — aparece como indissociavelmente ligado à esfera do trabalho. São como que uma burla das normas de disciplina e ressaltam a solidariedade que permeia a relação vigente no grupo de referência.

Para inserir-se e identificar-se com o grupo de referência, e adquirir o *status* de mineiro, o neófito deve passar por um verdadeiro ritual de iniciação. Trata-se do sistema de nomeação próprio dos mineiros de subsolo, que envolve apelidos que variam entre nomes de animais, patronímicos e de descendência, alcunhas que funcionam como ingresso efetivo no universo simbólico do grupo.

O rito de nomeação realiza a manipulação do nome (individualizante) e do sobrenome (que insere na instância da família), para, a partir do cognome, inserir o neófito numa categoria totalizante, o grupo de mineiros. O cognome dá margem para uma ampla liberalidade que se traduz em “brincadeiras” com as temáticas conjugal, sexual e obscena. Este comportamento, contudo, torna-se desviante quando são transpostas as fronteiras que demarcam a vida no trabalho. Há regras e preceitos no jogo da jocosidade, no qual, por definição, é proibido aborrecer-se.

O ritual de iniciação opera a inclusão numa categoria mais ampla e significativa, o grupo de *status*, que traça as fronteiras cul-

turais do mundo dos mineiros. Assim, incrustadas de contradições, as relações capitalistas (relações de mercado individualizantes e alienantes) são aqui como que “bricoladas” por relações de reciprocidade e hierarquia.

O caráter de rito — ou de situação liminar — é reforçado no cotidiano de trabalho, em que os mineiros constroem uma identidade do grupo de *status* e em que, nos interstícios dos vínculos marcados pela obrigatoriedade das relações de trabalho, estão em jogo condutas e normas. O rito, aqui, é concebido como ocasião de totalização, onde se discernem grupos e pessoas.

Certa flexibilidade dos mecanismos de controle direto usados pela administração permite ao mineiro sentir-se no gozo de algum grau de “liberdade”. Isso lhe facilita, por exemplo, obter “tempos livres” ou mesmo um trabalho marcado pela informalidade das relações. Esses “poros” no tempo socialmente produtivo, que são funcionais para o capital (representam tempo para a recuperação do desgaste físico e mental imposto pelas condições de trabalho), são vistos pelo mineiro como formas que ele próprio reinventa para compensar sua sujeição às condições de trabalho.

Se, nessa forma de resistência, a realidade de classe escapa ao mineiro pela fragmentação absoluta do processo de trabalho e pela alienação inscrita no modo de produção, não lhe escapa a capacidade de reelaborar e lidar com fragmentos de sua cultura como estratégias, conscientes ou não, de resistência à lógica do capital e valorização do sujeito social. O trabalho é vivido, pois, como um espaço onde compartilham códigos que se norteiam no modo como apreendem e explicitam o seu mundo.

A devoção a santa Bárbara, padroeira dos mineiros, é mais um elemento compartilhado, a permitir uma reelaboração simbólica da identidade social desse grupo. A crença na santa protetora está constantemente presente na fala desses homens e traduz-se numa devoção exercida cotidianamente, dentro e fora do trabalho. Componente fundamental dessa tradição é a crença na eficácia do controle exercido pelo sobrenatural sobre a natureza, o que assume especial importância para esses homens que trabalham sob a constante ameaça de acidentes e doença (ver “A festa de santa Bárbara”).

Na esfera do trabalho, as práticas rituais (individuais ou coletivas) são dirigidas a imagens da santa, dispostas em diferentes pontos da mina. Uma manifestação coletiva importante é a procissão que os mineiros de carvão realizam anualmente em homenagem à padroeira, e que vem reforçar simbolicamente a categoria: “... não há mineiro que não devote a santa”. Ação coletiva, o ritual reforça a unidade grupal.

A FESTA DE SANTA BÁRBARA

Entre os mineiros de carvão que estudamos, destaca-se um rito em que dramatizam representações e práticas do grupo, seu sistema de símbolos e significados. É a procissão de santa Bárbara, padroeira da categoria, realizada nos dias 3 e 4 de dezembro.

Pelo rito, os mineiros reinterpretam a memória coletiva de uma trajetória particular, elaborando significativamente sua experiência. Crença e prática, neste caso, como que modelam um sistema de significados. O contexto ritual remete a uma ação coletiva que propicia a unidade e delinea a rede de relações de um grupo que tem uma identidade: o convívio numa prática produtiva que envolve o confronto com uma natureza agressiva e ameaçadora.

Santa Bárbara é a tradicional padroeira dos mineiros nos países católicos, sendo também associada na hagiografia à chuva, ao trovão e ao raio. No Rio Grande do Sul, a festa da santa como padroeira dos mineiros remonta ao início da atividade extrativa: foi trazida, no século passado, por mineiros de carvão europeus que para cá migraram.

A cada ano, a organização dos festejos em homenagem à santa fica a cargo de uma equipe de mineiros e suas mulheres. É a chamada "comissão de festa". Durante a novena, que precede e prepara a procissão, a bandeira de santa Bárbara é levada a percorrer a casa dos mineiros. No dia 3, após a missa do nono dia, o andor com a imagem da santa, carregado por mineiros uniformizados, abre a procissão.

O cortejo tem uma estrutura rígida. O núcleo central, em torno da imagem da santa, é composto por mineiros identificados como "guardas de honra". Em seguida vêm os noveneiros e, por fim, o público em geral, em que se misturam familiares, autoridades civis e eclesiásticas. A guarda de honra, envergando macacão, botas e capacete com lanterna, ilumina o trajeto. O uso do uniforme acentua a formalidade da ocasião, já que, no dia-a-dia, esses homens trabalham vestidos apenas de calções, dado o intenso calor que enfrentam no interior da mina. Quanto às mulheres, se participam da organização das solenidades, não integram o núcleo central da procissão: exclusivamente masculino, este reproduz o espaço do trabalho mineiro como um "mundo de homens".

O ponto alto do cortejo é a passagem pelo portão central da companhia extratora de carvão, momento assinalado pelo barulho das sirenes e o pipocar de fogos de artifício, como que marcando a integração de esferas de diferentes domínios (o religioso, o familiar e o do trabalho) e a sacralização de um espaço privado e profano. É o momento descrito pelos participantes como o de maior emoção.

Quando é retomada, a procissão perde sua rigidez estrutural: abre-se um espaço em torno do andor para que todos possam tocar e beijar a imagem da santa. Mas se a ordem ritual é rompida para o público em geral, o mesmo não acontece com os mineiros, sobretudo os "guardas de honra": permanecerão em vigília junto ao andor por toda a noite.

Na manhã do dia 4 de dezembro, celebra-se um rito particular. Um pequeno cortejo, só de mineiros, desce com o andor o poço de 300 metros de profundidade e faz uma procissão pelas principais galerias da mina. A cerimônia é presidida pela crença de que, apresentadas à imagem da santa, as galerias ficam resguardadas de acidentes. O andor é coberto de pedras de carvão. Uma série de normas, ligadas às superstições do grupo, é criteriosamente seguida. O padre, por exemplo, não só ocupa lugar secundário na procissão, como é proibido de acompanhá-la nessa fase "privada", por simbolizar o corvo e a morte. Além de reforçar a identidade entre os mineiros e sua padroeira, esse rito privado recorta e reforça o mundo dos mineiros como essencialmente masculino.

Na memória coletiva, a procissão no subsolo da mina surgiu por iniciativa dos mineiros do Rio Grande do Sul como um recurso frente ao elevado índice de acidentes. A linguagem simbólica exterioriza, pois, circunstâncias ligadas às condições concretas de trabalho.

Voltando o andor à superfície, reinicia-se a procissão pública, recompondo-se a rígida ordenação anterior. Reconduzida à igreja, a imagem da santa é depositada no centro do altar.

A procissão terminou, é hora dos festejos em homenagem à santa. É o rito do retorno à vida comum, profana e lúdica, mas, da mesma forma que o momento anterior, está referido à santa padroeira. O processo de "dramatização" só se encerra quando a festa acaba.

"Sê da santa é tê raça de mineiro. Sei que se vou festejá ela, ela me protege" (mineiro de subsolo).

Crer na santa, render-lhe culto e homenagem significa ser alcançado por sua proteção, poder recorrer à sua mediação. A devoção comum condensa, portanto, em nível idealizado, as relações significativas que unem os mineiros: a raça de ser mineiro, a tradição, a honra coletiva.

Na busca de compreender a formação e composição da classe operária no Brasil, é preciso levar em conta a diversidade presente na vida e na cultura operária, resultado da diferenciação e fragmentação das trajetórias e processos aí envolvidos.



SUGESTÕES PARA LEITURA

GROSSI Y. de S., *Mina de Morro Velho: a extração do homem*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1981.

LEITE LOPES J.S., *O vapor do diabo: o trabalho dos operários do açúcar*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2ª ed., 1978.

LEITE LOPES et alii, *Mudança social no Nordeste: a reprodução da subordinação*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1979.

RODRIGUES A.M., *Operário, operária: estudo exploratório sobre o operariado industrial da Grande São Paulo*. São Paulo, Símbolo, 1978.

PEREIRA V.M.C., *O coração da fábrica*. Rio de Janeiro, Campus, 1979.

VOLPATO T.G., *A pirata humana: os mineiros de Criciúma*. Dissertação de mestrado em antropologia, Universidade Federal de Santa Catarina, 1982 (mimeo).

ECKERT, Cornelia, *Os homens da mina: um estudo das condições de vida e representações dos mineiros de carvão em Charqueadas/R.S.* Dissertação de mestrado em antropologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985 (mimeo).



Brasil vai ganhar uma fábrica de ecologia.



Progresso e natureza. Parecem incompatíveis? Pois é isso que a Hoechst do Brasil vem fazendo em suas fábricas desde que se implantou no país. Com o crescimento do parque industrial brasileiro, ela sentiu que alguém precisava tomar a dianteira e dar um passo decisivo no sentido de associar a proteção ambiental ao avanço da economia. Agora, o primeiro incinerador de resíduos sólidos do país funcionará no complexo

químico da Hoechst em Suzano (SP). Essa tecnologia de queima de lixo industrial estará à disposição de todos os empresários nacionais conscientes da importância de colaborar para o desenvolvimento sem agredir a natureza. Isto é Hoechst High Chem, a tecnologia de ponta da Hoechst, uma empresa química que cria produtos e processos da mais alta sofisticação para atender às necessidades do país. E que pesquisa soluções para

problemas tecnológicos do futuro. Hoechst High Chem, na verdade, fabrica bem-estar, porque é uma filosofia de trabalho voltada para a investigação de todos os aspectos da indústria humana. Para que a ciência reverta em benefício das populações e dos países.

Hoechst. Química a serviço da vida.

Hoechst do Brasil Química e Farmacêutica S.A.
C. P. 7333 - 01051 - S. Paulo - SP - Tel. (011) 231.2111

Hoechst High Chem
O nome da tecnologia de ponta.



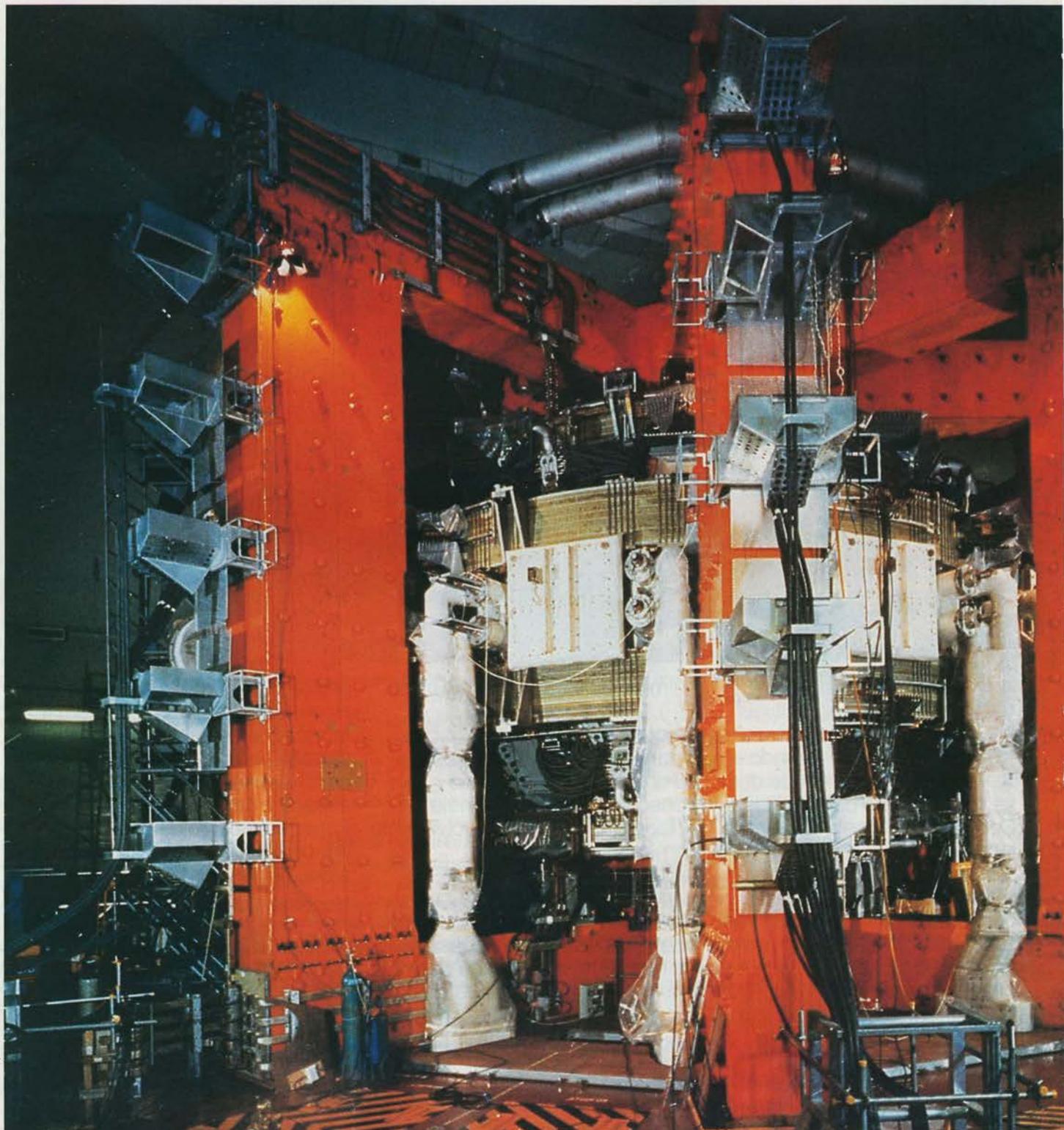
CIRANDA DA CIÊNCIA

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

Hoechst



FUSÃO N TERN



fotos cedidas pelos autores

MONUCLEAR

O interesse pelo desenvolvimento de uma fonte de energia ecologicamente aceitável, segura e praticamente inesgotável, tem levado os países desenvolvidos a grandes investimentos nas pesquisas para o controle das reações de fusão nuclear.

Nelson Fiedler-Ferrari e Ivan Cunha Nascimento

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

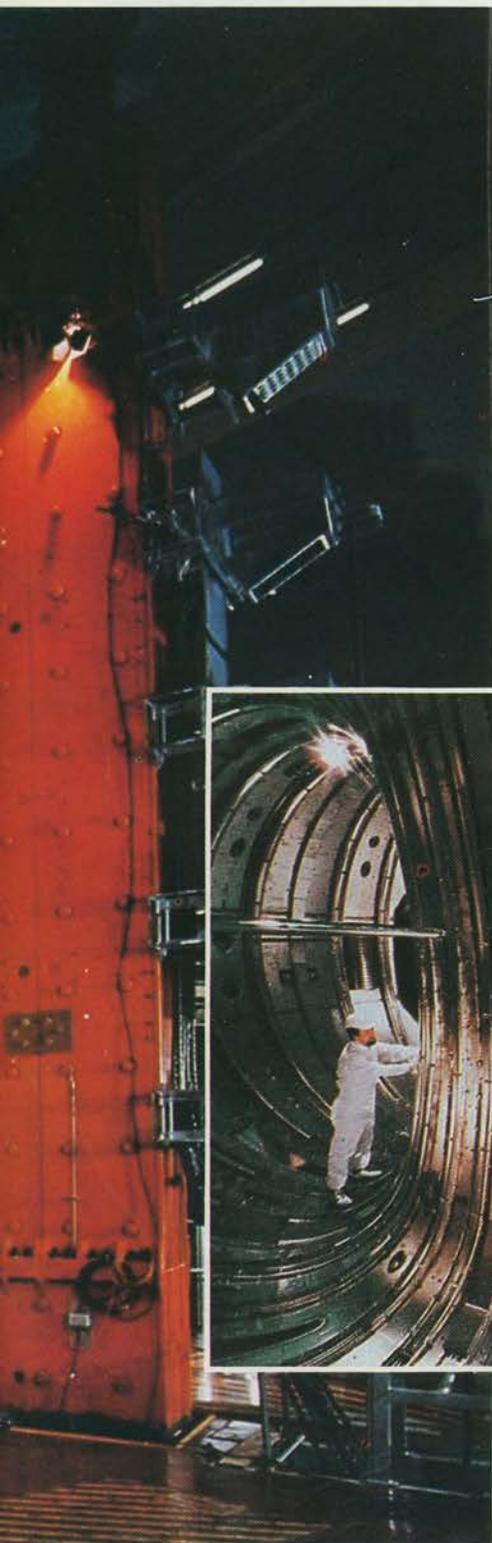
Com o crescimento da população mundial e a melhora dos padrões de vida, as necessidades de energia têm aumentado rapidamente. Combustíveis convencionais, como os fósseis — carvão, petróleo e gás natural —, embora ainda exploráveis, deverão ter seus custos elevados na medida em que escasseiem e seu uso na indústria química torne antieconômica sua queima; além disso, os pro-

blemas ecológicos que ocasionam são grandes e suas reservas estão geograficamente distribuídas de modo não uniforme (ver “Na gangorra do petróleo”, em *Ciência Hoje* nº 24). Com relação às fontes renováveis, principalmente energia solar, as reservas potenciais são enormes, mas sua viabilidade econômica está por ser demonstrada e o problema do armazenamento da energia ainda precisa ser resolvido. Uma nova fonte de energia limpa, que utilize um combustível barato, abundante e bem distribuído pelo planeta, seria extremamente importante para a humanidade. Muitos cientistas acreditam que a fusão nuclear poderá fornecer uma fonte de energia deste tipo.

Em seus trabalhos de 1905 a respeito da teoria da relatividade, Albert Einstein demonstrou que massa e energia são, em certo sentido, equivalentes (ver “Equivalência massa-energia”). Como consequência, pode-se liberar energia em reações nucleares onde ocorre diminuição líquida de massa. É o caso da quebra (fissão) de núcleos pesados em outros dois ou mais núcleos de massa intermediária. Outra maneira é pela combinação (fusão) de núcleos leves (ver “Liberação de energia”). Embora existam outros processos nucleares que liberam energia, somente a fusão e a fissão podem fornecer mais energia do que a consumida durante a reação. Neste caso, o processo pode, em princípio, ser “auto-sustentado”, da mesma forma que em uma chama.

A fissão nuclear, descoberta em 1939 por Lise Meitner e Otto R. Frisch, revelou uma nova fonte de energia altamente concentrada. Desde a década de 1950 vêm sendo desenvolvidos reatores nucleares em que a energia de fissão é liberada como calor e convertida em energia elétrica. Hoje, cer-

Foto do Joint European Torus (JET), a maior máquina do tipo tokamak operando no mundo. O JET tem 15 m de diâmetro, 11,5 m de altura e uma massa de 3.270 t. No detalhe, pode-se ver o interior da câmara toroidal onde o plasma é formado e confinado (1,25 m de raio horizontal e 2 m de raio vertical).



1. Consumo de energia desde 1650

Período	Consumo no período*
1650-1850	0,5 Q
1851-1950	4 Q
1951-2000	15 Q
1968	0,1 Q
1981	0,25 Q

* 1 Q é aproximadamente 10^{21} joules

ca de 15% da eletricidade consumida no mundo é produzida por usinas nucleares a fissão (mais de 65% na França). Embora as reservas de combustíveis — urânio e tório — sejam abundantes, é consenso que a fissão nuclear não é a solução definitiva para os problemas energéticos mundiais. Muitos países não possuem os minerais ou não têm meios para produzir os combustíveis nucleares a partir deles. Além disso, os reatores a fissão estão sujeitos a acidentes nucleares que os derretem (como o de Tchernobyl), e produzem resíduos radioativos que precisam ser armazenados por longos períodos, geralmente centenas de anos (figuras 1, 2 e 3).

No caso da fusão nuclear, a situação é diferente. Os combustíveis são abundantes (figura 4), bem distribuídos geograficamente e de custo de extração bastante baixo. Formam um conjunto de diferentes tipos

2. Reservas mundiais de combustíveis convencionais

Combustível	Reservas estimadas	
	Economicamente recuperáveis	Estimativa total
carvão	4 Q	15-190 Q
petróleo e gás	13 Q	30-1000 Q
urânio: em terra	50 Q	?
no mar	?	$> 10^5$ Q
total	67 Q	

(isótopos) de hidrogênio: o hidrogênio pesado ou deutério (D), que está presente na água; e o hidrogênio superpesado ou trítio (T, também denominado trício), que pode ser obtido a partir do lítio (figura 5). Além disto, os aspectos de segurança são favoráveis em comparação com a fissão nuclear.

Até 1958, o esforço para a viabilização de reatores a fusão foi conduzido através de pesquisas sigilosas em vários países. Desde então, dada a complexidade dos temas envolvidos, iniciou-se uma fase de colaboração mundial. Hoje essas atividades estão concentradas em várias máquinas, com um investimento da ordem de dez bilhões de dólares, custo operacional aproximado de um bilhão de dólares por ano e envolvem cerca de cinco mil pesquisadores. Nossa finalidade aqui é indicar a natureza dos problemas que têm sido enfrentados e mostrar quais soluções têm sido tentadas.

3. Reservas potenciais de fontes renováveis

Fonte renovável	Reservas
ventos (energia eólica) e marés	$9,5 \times 10^{-2}$ Q
energia solar	$5,1 \times 10^4$ Q/ano

Para ocorrer fusão entre dois núcleos é necessário que eles estejam suficientemente próximos, de modo a haver interação. Tendo carga elétrica de mesmo sinal (positiva), eles devem ter energia inicial suficiente para vencer a força de repulsão eletrostática (tanto maior quanto maior a carga) que tende a separá-los. Os núcleos de hidrogênio e de seus isótopos são os que apresentam menor carga (ou número atômico), constituindo-se em can-

EQUIVALÊNCIA MASSA-ENERGIA

A teoria da relatividade especial de Einstein elucidou aspectos fundamentais das relações entre espaço e tempo. Além disso, estabeleceu os princípios da mecânica relativística, apropriada ao estudo dos processos físicos em que as velocidades correspondem a uma fração significativa da velocidade da luz (como, por exemplo, nos fenômenos subatômicos).

Essa teoria forneceu outro resultado fundamental: Einstein deduziu que a massa é uma forma de energia. Foi estabelecida uma relação — a equivalência massa-energia — que pode ser expressa por $E = m.c^2$, onde E representa energia, m é a massa e c é a velocidade da luz no vácuo (300.000 km/s). Para que se tenha uma idéia, de acordo com esta relação, a energia equivalente a um grama de massa permitiria manter acesa uma lâmpada de 100 watts por 35 mil anos!

As reações químicas exotérmicas (reações que liberam energia) são um exemplo elucidativo. Neste caso, a massa dos

produtos da reação é apenas ligeiramente menor do que a massa dos reagentes. Quando se queimam 2,8 kg de gasolina, são consumidos cerca de 10 kg de oxigênio para formar dióxido de carbono e água. A energia produzida na reação será suficiente para manter um carro em movimento ao longo de 25 a 30 km. Contudo, pela relação de Einstein, menos de um milionésimo de grama da massa foi convertida em energia. Assim, após o trabalho de Einstein, deixa de ter sentido, a rigor, falar-se em conservação de massa (de fato, como para reações químicas os desvios são pequenínimos, essa lei continua a ser usada pelos químicos, sem problemas). É mais apropriado falar-se em conservação de energia, e lembrar que massa é uma forma de energia extremamente concentrada.

Outro exemplo é dado por processos de decaimento radioativo. Estes fornecem muito mais energia por átomo do que reações químicas, e a percentagem de perda

em massa é correspondentemente maior, de acordo com o previsto pela relação de Einstein. Assim, quando um átomo de urânio decai através de uma série de passos até se transformar em chumbo, produz-se um milhão de vezes mais energia que aquela que o átomo desenvolveria na mais violenta reação química. Entretanto, essa enorme variação de energia no processo radioativo representa somente 0,5% da energia total equivalente à massa do átomo de urânio.

A equivalência massa-energia explica, portanto, porque um átomo contém tão grande quantidade de energia. Mais exatamente, na medida em que a maior parte da massa do átomo está contida no seu núcleo, é mais correto falar-se em energia nuclear.

As reações de fissão e fusão nucleares são exemplos de processos onde há uma variação em massa muito maior do que nos processos de decaimento radioativo. Por isso liberam muito mais energia.

LIBERAÇÃO DE ENERGIA

Como é bem conhecido, o núcleo de qualquer átomo é constituído por certo número de prótons e nêutrons. Medidas em unidades de massa atômica (1 u. = 1/12 da massa do átomo do isótopo carbono-12), a massa de um próton é igual a 1,007277 u. e a de um nêutron é igual a 1,008665 u.

Pareceria natural supor que a massa total de qualquer núcleo é dada pela soma das massas individuais dos seus prótons e nêutrons. E seria de esperar que a massa média por partícula do núcleo (massa total do núcleo dividida pelo número de prótons somado ao de nêutrons) não fosse menor do que a massa de um próton.

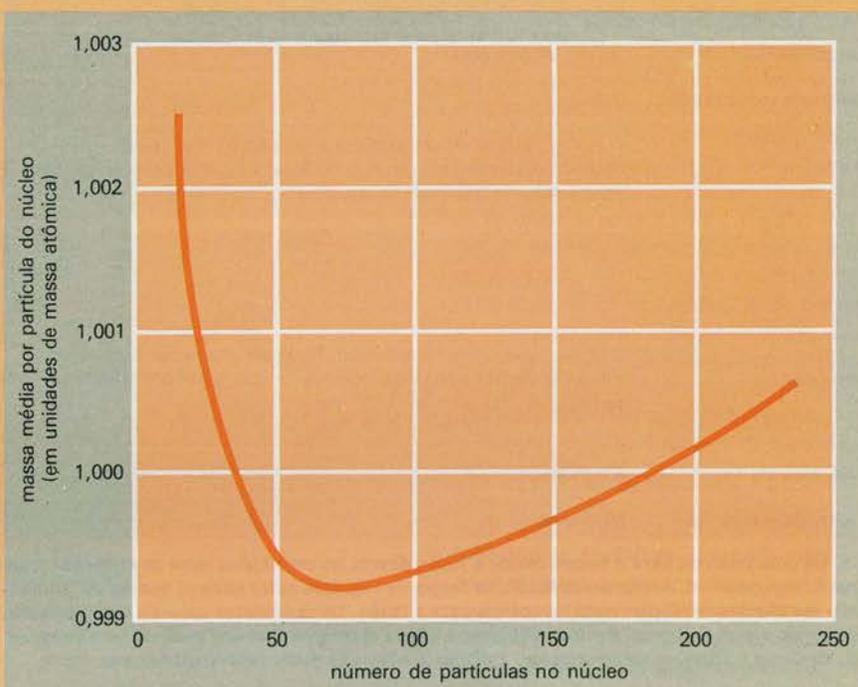
No entanto, como pode ser visto no gráfico — obtido já em 1927 — principalmente através dos trabalhos do cientista inglês F. W. Aston —, a massa média por partícula do núcleo é sempre menor do que a massa do próton (exceto no caso do hidrogênio, que contém apenas um próton em seu núcleo), ou seja, a massa total do núcleo não é igual à soma das suas partes.

Além disso, uma rápida verificação no formato da curva mostra que ela apresenta um mínimo na massa média por partícula do núcleo para um número de partículas no núcleo próximo a 70. Como consequência, pode-se inferir que, se núcleos leves (pertencentes a átomos próximos ao começo da tabela periódica) se combinam

(se fundem) para formar um núcleo mais pesado, o novo núcleo não teria uma massa igual à soma dos núcleos originais. Ela seria menor do que esta soma. Analogamente, se um núcleo muito pesado pudesse separar-se (fissionar-se) em dois ou mais núcleos de elementos mais leves,

a soma dos produtos teria uma massa menor do que a original.

Em ambos os processos — fusão e fissão — há uma diminuição em massa e, como consequência, haverá a liberação de uma quantidade correspondente de energia, de acordo com a relação de Einstein.



Massa média de partículas do núcleo em função do número de partículas no núcleo.

didatos a combustível em futuros reatores a fusão. Os três isótopos de hidrogênio que se conhecem — hidrogênio, deutério e trítio — são descritos na figura 5.

A fusão é a fonte de energia do Sol e de outras estrelas. O combustível é o hidrogênio comum. Trata-se de uma cadeia de reações inadequada para ser utilizada na Terra. As reações de fusão de interesse para a produção de energia são mostradas na figura 6. A energia desenvolvida nas reações comparece como energia cinética e é dividida entre os dois produtos na razão inversa das suas massas. A reação (d) envolve hélio-3, além do deutério, e pode vir a ser de interesse em desenvolvimentos futuros.

Uma maneira eficiente de fornecer energia aos núcleos, para que superem as forças de repulsão, é aumentar a temperatura de um gás do isótopo ou dos isótopos que vão se fundir. A energia cinética de um átomo (ou núcleo) é proporcional à sua temperatura absoluta (obtida somando-se 273 graus à temperatura na escala Celsius, ou centígrada; por exemplo, $25^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow 298$ graus Kelvin); como consequência, basta atingir uma temperatura suficientemente alta para que as reações de fusão ocorram. Se, adicionalmente, o gás for confinado em uma dada região do espaço por um tempo suficientemente longo, o número de colisões entre os átomos aumenta e, com ele,

a probabilidade de os núcleos se fundirem.

Reações de fusão obtidas por meio de altas temperaturas são chamadas reações termonucleares. A temperatura necessária depende da reação de fusão envolvida, sendo tipicamente da ordem de milhões de graus Kelvin. Em temperaturas tão altas, praticamente todos os átomos de qualquer elemento perdem seus elétrons e estes, ao adquirirem energia cinética suficiente para vencer a força de atração eletrostática que os mantém próximos ao núcleo, tornam-se livres. Um gás que consista inteiramente (ou quase) em núcleos positivamente carregados (íons) e elétrons livres é dito altamente ionizado. Tal gás, em determinadas condições, é denominado plasma. Duas propriedades — o comportamento coletivo e a quase-neutralidade — distinguem um gás ionizado de um plasma.

Em um gás ionizado, as interações dominantes são colisões entre as partículas (curto alcance), enquanto em um plasma, em consequência das interações eletromagnéticas (longo alcance), cada partícula car-

4. Reservas mundiais de combustíveis para fusão nuclear

Combustível	Reserva estimada
deutério	10^{10} Q
lítio (para produção de trítio): em terra	30 Q
no mar (fácil extração)	10^7 Q

(a) H (hidrogênio usual) próton 	
Problema	O processo é muito lento. Funciona no sol devido à grande massa de hidrogênio disponível.
(b) ² H ou D (hidrogênio pesado ou deutério) deuteron 	
Abundância	Para cada 6.500 átomos de hidrogênio usual em água existe um de deutério (1 kg de deutério em cada 30.000 kg de água ou 34 g/m ³ de água).
Reservas	10 ¹⁶ kg de deutério
Custo de exploração	Baixo
Em teoria	A energia que pode ser produzida pela fusão dos núcleos de deutério presentes em um litro de água é igual àquela obtida pela combustão de 300 litros de gasolina.
(c) ³ H ou T (hidrogênio superpesado ou trítio) trítion 	
Abundância	Isótopo inexistente na natureza. Pode ser produzido a partir da interação de nêutrons com núcleos de lítio, de acordo com as reações ${}^6\text{Li} + n \rightarrow \text{T} + {}^4\text{He}$ e ${}^7\text{Li} + n \rightarrow \text{T} + {}^4\text{He} + n$
Reservas de lítio	Abundantes
Custo de extração	Moderado

Fig. 5. Os combustíveis para o futuro reator a fusão devem ser escolhidos entre os elementos com a menor carga possível. Assim procedendo, as forças de repulsão entre núcleos podem ser minimizadas e são obtidas condições mais favoráveis para a fusão. Os candidatos naturais são, portanto, o hidrogênio e seus isótopos. Próton, deuteron e trítion correspondem aos núcleos do hidrogênio usual, deutério e trítio, respectivamente. Prótons e nêutrons estão representados por p e n.

regada interage coletivamente com grande número de outras partículas do plasma. A quase-neutralidade está associada à não-neutralidade local do plasma; isto se observa, por exemplo, quando se tenta produzir um campo elétrico em um plasma pela inserção de duas esferas carregadas conectadas a uma bateria. As esferas atraem partículas com carga de sinal oposto e, quase imediatamente, uma nuvem de íons envolve a esfera negativa, e uma de elétrons envolve a esfera positiva. Se as partículas do plasma não tivessem movimento, a blindagem seria perfeita (não haveria campo elétrico no plasma fora das nuvens). Como isso não ocorre, os íons (ou elétrons) da borda da nuvem têm energia suficiente para escapar da atração eletrostática, e a blindagem em torno das esferas é eficaz até uma distância denominada comprimento de Debye. Se as dimensões L do plasma são muito maiores do que o comprimento de Debye, toda vez que concentrações localizadas de cargas elétricas ou potenciais externos são introduzidas no plasma, estes são blindados até distâncias pequenas comparadas com L, deixando o plasma, como um todo, livre dos campos ou potenciais

elétricos associados. Pode-se então falar de uma quase-neutralidade, ou seja, o plasma é neutro o bastante para que se possam considerar as densidades de elétrons e íons aproximadamente iguais, mas não tão neutro para que as forças eletromagnéticas se anulem como um todo. Sendo o comprimento de Debye tanto menor quanto maior a densidade do plasma, um critério para que um gás ionizado seja um plasma é fornecido pela seguinte condição: o plasma deve ser denso o bastante para que o comprimento de Debye seja muito menor do que as suas dimensões típicas.

Como consequência da presença de partículas carregadas, os plasmas apresentam propriedades bastante interessantes, que podem ser usadas com vantagem na pesquisa da fusão controlada. Com efeito, plasmas são meios condutores, produzem e sofrem a ação de campos eletromagnéticos, perturbações ondulatórias podem se propagar neste meio etc.

Nas altas temperaturas necessárias para a fusão nuclear, um plasma perde parte substancial de sua energia na forma de radiação emitida pelas partículas carregadas aceleradas. Uma das condições para que

um sistema seja “auto-sustentado” (isto é, produza mais energia do que a inicialmente suprida) é a taxa de produção de energia por fusão exceder a taxa de perdas por radiação. Acima de determinada temperatura, chamada temperatura crítica de ignição (figura 7), mais energia é produzida por fusão do que perdida. Na reação deutério-trítio (D-T), essa temperatura é de cerca de 50.000.000 K, e na fusão deutério-deutério (D-D), de cerca de 290.000.000 K. Contudo, cálculos que levam em conta a variação, com a temperatura, da probabilidade de os núcleos se fundirem mostram que a temperatura mínima para viabilizar a operação de um reator a fusão é sensivelmente maior do que a temperatura crítica de ignição: cerca de 100.000.000 K para a reação D-T e 500.000.000 K para a D-D.

Para manter essas altas temperaturas, o plasma não pode ter contato com meios materiais, isto é, deve ser confinado. O problema não é a temperatura elevada (já que as densidades envolvidas são tão baixas que, se toda a energia contida no plasma fosse usada para aumentar a temperatura do vaso que o contém, esse aumento seria de apenas alguns graus), mas sim o súbito esfriamento do plasma pela transferência, por colisão, da energia de suas partículas às paredes do vaso.

 O confinamento do plasma pode ser obtido pelo uso de campos magnéticos. Na ausência destes (figura 8a) as partículas carregadas se movem aleatoriamente e se chocam com as paredes do vaso. Com um campo magnético homogêneo (uniforme), as partículas fazem trajetórias helicoidais (figura 8b) que envolvem as linhas de força magnética e o acesso às paredes é limitado. Denomina-se confinamento magnético ao conjunto dos esquemas de confinamento obtidos pela utilização de campos magnéticos apropriados. Diferentes arranjos têm sido propostos, dos quais os mais importantes serão aqui apresentados.

O confinamento inercial não envolve campos magnéticos e é também objeto de intensa pesquisa. A idéia básica é aquecer uma pequena partícula (cerca de um milímetro de diâmetro) de uma mistura D-T pela incidência simultânea de vários feixes de lasers de alta intensidade. Este processo não será abordado neste artigo.

No confinamento magnético, os valores típicos de densidade do plasma para fusão são de 10²⁰ a 10²² partículas por metro cúbico (compare com a densidade de 3.10²⁵ moléculas por metro cúbico de um gás em condições ambientes). Para as altas temperaturas necessárias em um reator a fusão trabalhando com D-T, uma densidade de 10²¹ moléculas/m³ representa uma pressão de cerca de 14 atmosferas. Embo-

ra a densidade seja baixa, é a alta temperatura do plasma a responsável por esta alta pressão. É esta pressão que deve ser confinada pelo campo magnético.

Uma outra condição a ser satisfeita pelo plasma é conhecida por critério de Lawson, estabelecida pela primeira vez em 1957 pelo pesquisador inglês J. D. Lawson. Esse critério é expresso como uma desigualdade para o produto $n\tau$, onde n é a densidade do plasma (em partículas por metro cúbico) e τ (tau) é o tempo (em segundos) durante o qual o plasma daquela densidade a uma dada temperatura deve ser confinado pelo campo magnético para produzir energia por fusão que compense aquela inicialmente cedida ao plasma. Trata-se do tempo de confinamento da energia, durante o qual o plasma contém sua energia, e não

o tempo de duração do próprio plasma; τ está relacionado com o balanço de energia no plasma — quociente entre a energia total armazenada e a taxa com que a energia lhe é fornecida. Para um reator a fusão, $n\tau$ deve ser pelo menos $3 \cdot 10^{20}$ s/m³ para a reação D-T ocorrendo a 100.000.000 K, e cerca de 10^{22} s/m³ para a reação D-D a 500.000.000 K.

As três condições para que o processo seja "auto-sustentado" estão resumidas na figura 9. É de se supor, portanto, que o desenvolvimento de um reator a fusão que use somente deutério seja mais complicado do que um reator que use D-T.

A situação representada na figura 8b ocorre na ausência de colisões entre as partículas do plasma. Quando há colisões, os centros de curvatura das trajetórias podem

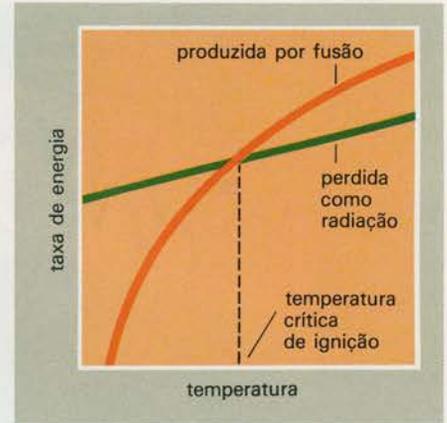


Fig. 7. Cálculo da temperatura crítica, que é a mínima para que as reações de fusão sejam auto-sustentáveis. Abaixo desta temperatura a taxa de energia perdida como radiação excede a taxa segundo a qual a energia é produzida pelas reações de fusão.

se deslocar de uma linha de campo para outra, e as partículas podem escapar da ação confinante do campo magnético. Esse processo de gradual fuga das partículas pelo movimento através das linhas de força é chamado difusão.

Também ocorre difusão quando o campo magnético é inhomogêneo (intensidade não uniforme). Neste caso, as partículas não mais percorrem trajetórias helicoidais de raio constante: o raio passa a variar inversamente com a intensidade do campo magnético. Desta situação resulta que as partículas carregadas experimentam uma deriva através das linhas do campo, podendo alcançar as paredes do recipiente (figura 10). Adicionalmente, íons e elétrons, ao derivarem em direções opostas, geram campos elétricos e magnéticos locais. O efeito resultante é a deriva do plasma, como um todo, na direção do campo magnético menos intenso, eventualmente alcançando as paredes do vaso. Para compensar derivas em campos não uniformes podem ser utilizados campos magnéticos apropriados.

O tipo mais simples de difusão em plasmas, resultante de colisões entre partículas, é chamado difusão clássica. As perdas de confinamento associadas podem ser minimizadas pelo aumento da intensidade dos campos magnéticos confinantes. Entretanto, em sistemas com linhas de campo magnético fechadas (por exemplo, um toróide — figura 11), a difusão clássica é modificada (e aumentada). Cálculos, que levam em conta os principais fatores que determinam esse aumento da taxa de difusão, mostram que a perda de confinamento associada se mantém dentro de limites que não prejudicam a utilização deste plasma em um reator a fusão. Estes cálculos constituem o que se chama difusão neoclássica.

Outro obstáculo ao confinamento são as instabilidades que podem ocorrer em

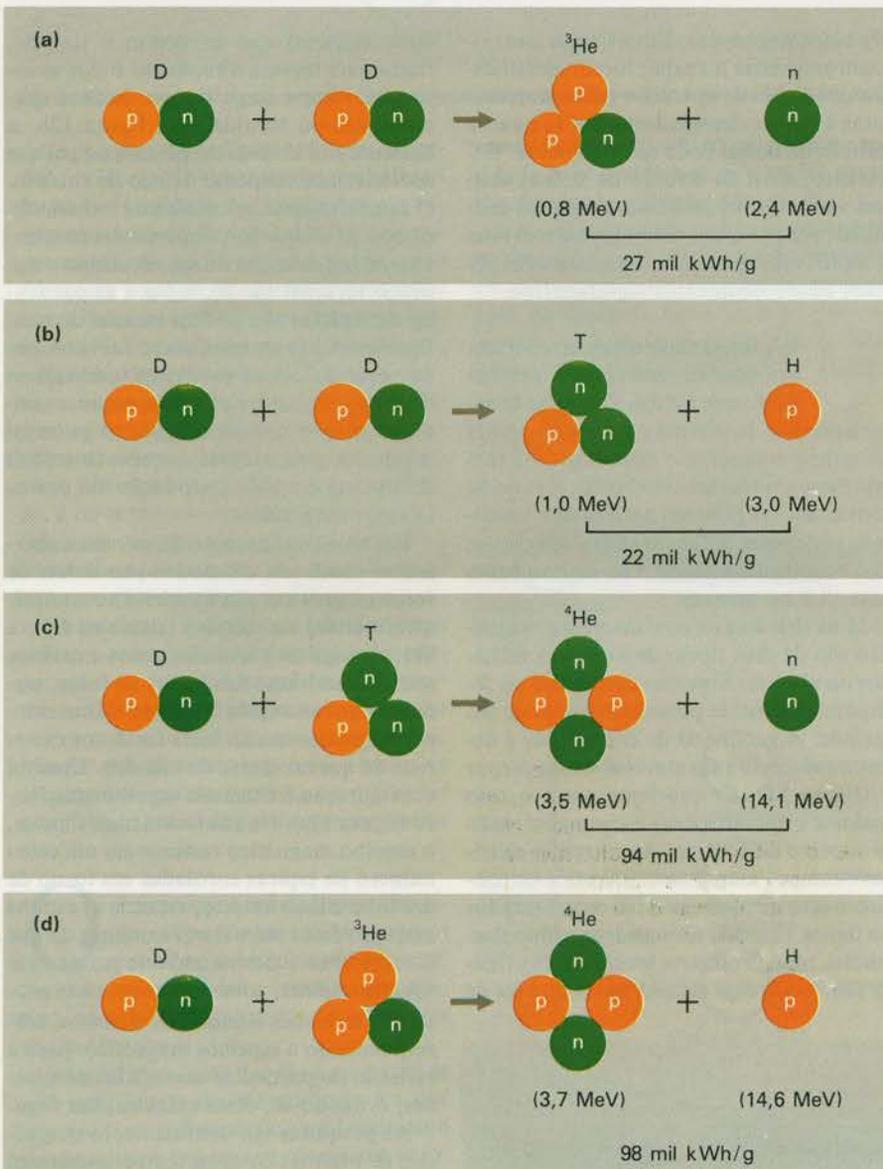


Fig. 6. Reações de fusão que podem ser consideradas passíveis de utilização em um futuro reator a fusão. A energia desenvolvida em cada reação é fornecida em milhões de elétron-Volt (MeV) e em kWh por grama de combustível ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Joules). Os números indicam como a energia é dividida entre os produtos de cada caso.

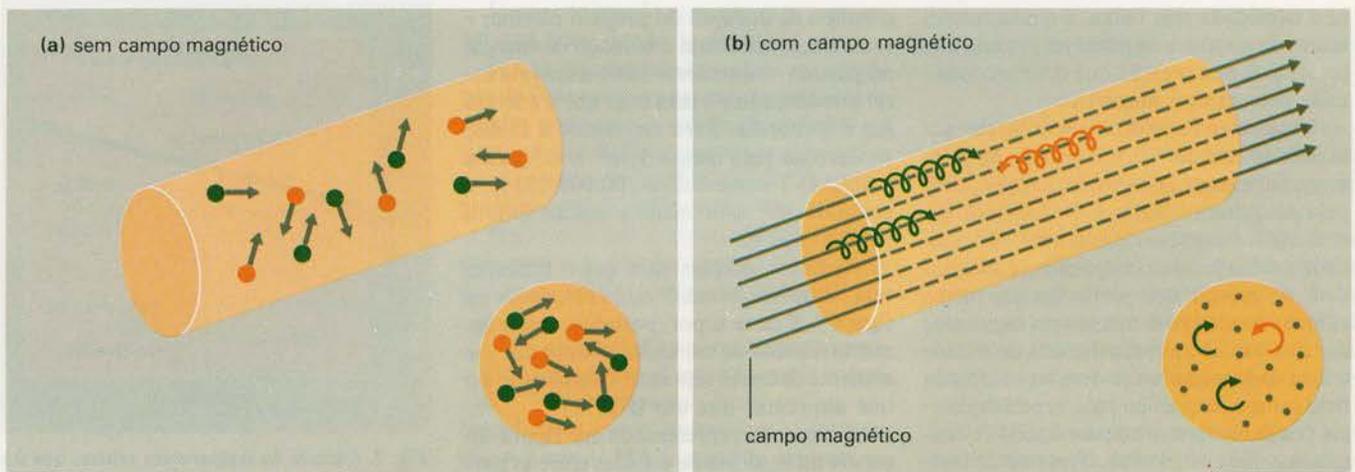


Fig. 8. Efeito de um campo magnético uniforme sobre partículas carregadas. Quando não há campo presente as partículas executam movimentos retilíneos com direções aleatórias (a). Quando imersas em um campo magnético uniforme elas desenvolvem trajetórias helicoidais envolvendo as linhas do campo magnético (b). Partículas com cargas de sinais opostos espiralam em sentidos contrários.

plasmas, que são de dois tipos: instabilidades hidromagnéticas (ou macroscópicas) e microinstabilidades. No primeiro tipo, o plasma imerso em um campo magnético é instável relativamente a perturbações, isto é, uma vez deslocado da posição de equilíbrio, a perturbação cresce rapidamente e o plasma, como um todo, pode ser destruído.

As microinstabilidades, localizadas e pequenas em relação às dimensões do plasma, não levam à perda completa do confinamento, mas ao aparecimento de flutuações (comportamento turbulento) na densidade e no campo elétrico dentro do plasma e ao aumento do fluxo de energia e partículas no plasma (aumento da taxa de difusão). Em sistemas com linhas de campo magnético fechadas, suspeita-se que essa turbulência seja a responsável pela diminuição do confinamento (50 a 100 vezes menor do que o esperado pelos padrões de difusão clássica) observada experimentalmente; essa difusão é genericamente denominada difusão anômala. Outro tipo de difusão anômala é a chamada difusão de Bohm. Trata-se de uma difusão tão intensa que, se seu controle não fosse possível, a realização prática de um reator a fusão seria impossível.

A possibilidade de compreender e controlar instabilidades em plasmas é crucial para o sucesso das pesquisas em fusão controlada. Foram desenvolvidas configurações de campos magnéticos adequadas para controlar, com sucesso, as instabilida-

des hidromagnéticas. Em sistemas que utilizam geometria toroidal, foram identificadas condições de operação (altas temperaturas e baixas densidades) para as quais a difusão de Bohm pôde ser controlada. Entretanto, além da difusão de Bohm, existem vários outros processos de perdas anômalas, para os quais ainda não se tem uma solução completa, embora tenham sido obtidos desenvolvimentos significativos.

Um campo magnético, ao confinar um plasma, exerce uma pressão sobre este último. O quociente entre a pressão do plasma e a pressão devida ao campo magnético é denominado β (beta). Para um plasma confinado, β varia de zero a um. Os plasmas para fusão controlada pertencem a duas grandes categorias: alto beta (tipicamente 0,5 ou mais) e baixo beta (0,2 ou menos).

Já os sistemas de confinamento magnético são de dois tipos: de extremos fechados ou abertos. Sistemas com extremos fechados geralmente possuem a forma de um toróide. A geometria de um toróide é determinada pelo raio maior R e raio menor a (figura 11). O quociente entre o raio maior e o menor (R/a) é chamado razão de aspecto do toróide. As correntes elétricas e campos magnéticos utilizados no confinamento de plasmas estão representados na figura 12 (onde se considera, como ilustração, uma geometria toroidal). Na figura 12a, a corrente elétrica passa através de

anéis (espiras) que envolvem o toróide, fluindo na mesma direção em todas as espiras. O campo magnético produzido é chamado campo toroidal. Na figura 12b, a corrente flui através do plasma ou em um anel metálico suspenso dentro do toróide. O campo magnético resultante é chamado campo poloidal. Em dispositivos com extremos fechados, as linhas do campo magnético toroidal são fechadas e as partículas carregadas não podem escapar do confinamento. No entanto, como foi visto, pode haver difusão e os efeitos indesejáveis de deriva devem ser evitados, o que se consegue com o campo magnético poloidal produzido pela própria corrente (toroidal) de plasma ou pela introdução de outros campos magnéticos.

Em uma configuração de extremos abertos — como um cilindro —, as linhas de força magnéticas são paralelas ao comprimento (eixo) do cilindro (como na figura 8b). A fuga de partículas pelos extremos abertos, ao longo das linhas de força, pode ser diminuída pela utilização de um campo magnético muito mais forte nos extremos do que no centro do cilindro. Uma tal configuração é chamada espelho magnético (figura 13a). Na sua forma mais simples, o espelho magnético consiste em um certo número de espiras enroladas em torno de um tubo cilíndrico reto, estando as espiras mais próximas entre si nos extremos do que no centro. Se a mesma corrente passar através das espiras, o campo magnético produzido será mais intenso nos extremos, correspondendo a espelhos magnéticos para a reflexão de partículas carregadas do plasma, evitando-se, desta maneira, sua fuga.

As pesquisas em confinamento magnético de plasmas em altas temperaturas têm sido conduzidas segundo quatro grandes esquemas: espelhos magnéticos, sistemas constritivos, *stellarator* e *tokamak*. Estes esquemas diferem entre si pelo arranjo (ou

9. Condições para operação de um reator a fusão baseado nas reações deutério-trítio e deutério-deutério

Reação	Temperatura mínima (K)	Densidade de partículas (m^{-3})	Menor tempo de confinamento (s)
D-T	100.000.000	$10^{20} - 10^{22}$	1—0,01
D-D	500.000.000	$10^{20} - 10^{22}$	100—1

geometria) dos campos magnéticos confinantes. O uso de diferentes máquinas permite o estudo das propriedades de plasmas confinados, sujeitos a uma grande variedade de condições. Conhecer em detalhe estas propriedades é essencial para o desenvolvimento de um reator a fusão.

Os sistemas constritivos são baseados no efeito de constrição do plasma (efeito *pinch*). Trata-se da tendência que tem uma coluna de plasma, conduzindo uma alta corrente, a se contrair radialmente. Com efeito, essa corrente produz um campo magnético poloidal — como o mostrado na figura 12 — que confina o plasma.

O θ -*pinch* (*teta-pin*) é um sistema de constrição de alto beta. Nessa configuração (figura 13b), em sua forma mais simples, uma corrente intensa é descarregada em uma espira que envolve um tubo com plasma. Isto gera, dentro do tubo, um campo magnético que cresce rapidamente e in-

mido é ainda aprisionado em um campo magnético toroidal (figura 12a). Entretanto, mesmo nesta configuração, embora se possa obter algum aquecimento, o plasma se apresenta altamente instável.

Os dispositivos do tipo *stellarator* foram concebidos a partir da constatação de que um plasma não se mantém em equilíbrio quando imerso em um campo magnético exclusivamente toroidal. Com efeito, na medida em que a circunferência interna de um toróide é menor do que a externa, as bobinas poloidais que produzem o campo magnético toroidal estão mais próximas umas das outras, na parte interna do toróide, do que na externa. Conseqüentemente, o campo toroidal é mais forte na circunferência interna, tornando-se progressivamente mais fraco para fora. Em outras palavras, o campo é não uniforme (inomogêneo). O plasma como um todo deriva para a parede externa do vaso e o confina-

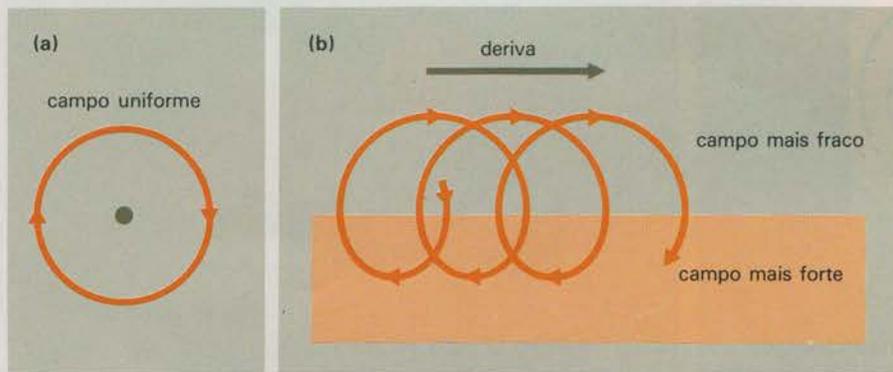


Fig. 10. Movimento de uma partícula carregada positivamente em (a), um campo magnético homogêneo (uniforme), e (b), um campo magnético inomogêneo (não uniforme), dirigido perpendicularmente ao plano do papel (saindo da página). Em (b) o campo é mais forte dentro do retângulo. Neste caso, as partículas positivas derivam para a direita. Partículas negativas derivariam na direção oposta.

duz no plasma uma corrente superficial com direção oposta à corrente na espira. O efeito é tal que o campo magnético não mais penetra no plasma. Como consequência, a pressão exercida pelo campo magnético entre a espira e o plasma faz com que este seja comprimido e aquecido. A perda do confinamento ocorre através da fuga do plasma pelos extremos. Uma configuração alternativa, que visa evitar essa fuga, é obtida ligando-se os extremos do tubo, constituindo um toróide.

O dispositivo z -*pinch* é um exemplo de sistema construtivo de baixo beta. Nessa configuração, uma corrente elétrica toroidal fluindo no plasma produz um campo magnético poloidal que o confina e comprime. Essa corrente toroidal é induzida no plasma contido no toróide (figura 13c) por corrente variável que passa através da bobina (primário do transformador). Neste processo o anel de plasma funciona como secundário do transformador. No chamado z -*pinch* estabilizado, o plasma compri-

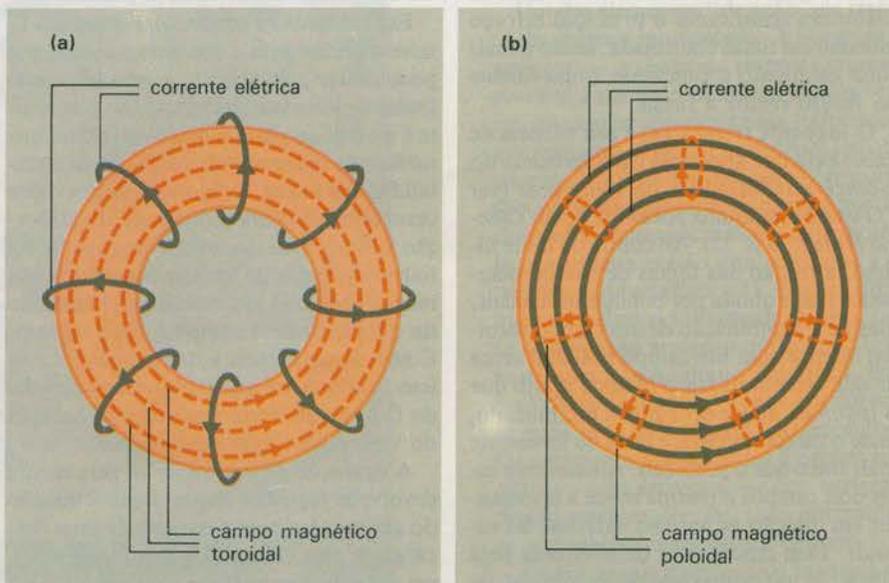


Fig. 12. Uma corrente está sempre associada a um campo magnético perpendicular à direção do fluxo desta corrente. Um campo magnético toroidal é mostrado em (a) e um campo magnético poloidal em (b).

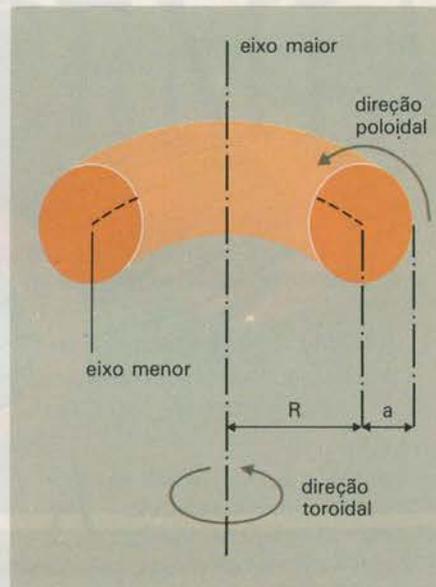


Fig. 11. Os parâmetros principais de um toróide são indicados nesta ilustração: R é o raio maior e a o raio menor do toróide. Denomina-se razão de aspecto o quociente R/a .

mento não é possível. No *stellarator* este problema foi praticamente eliminado pelo uso de enrolamentos estabilizadores helicoidais (figura 13d) com correntes fluindo em direções opostas em voltas alternadas. O campo magnético produzido por essas bobinas se soma ao campo toroidal para produzir linhas de força de campo magnético que são torcidas e não se fecham depois de uma volta completa no toróide. Estas linhas inibem o processo de deriva, além de favorecerem a estabilização com relação a instabilidades hidromagnéticas.

Dispositivos toroidais de confinamento magnético do tipo *tokamak* (do russo *to-*

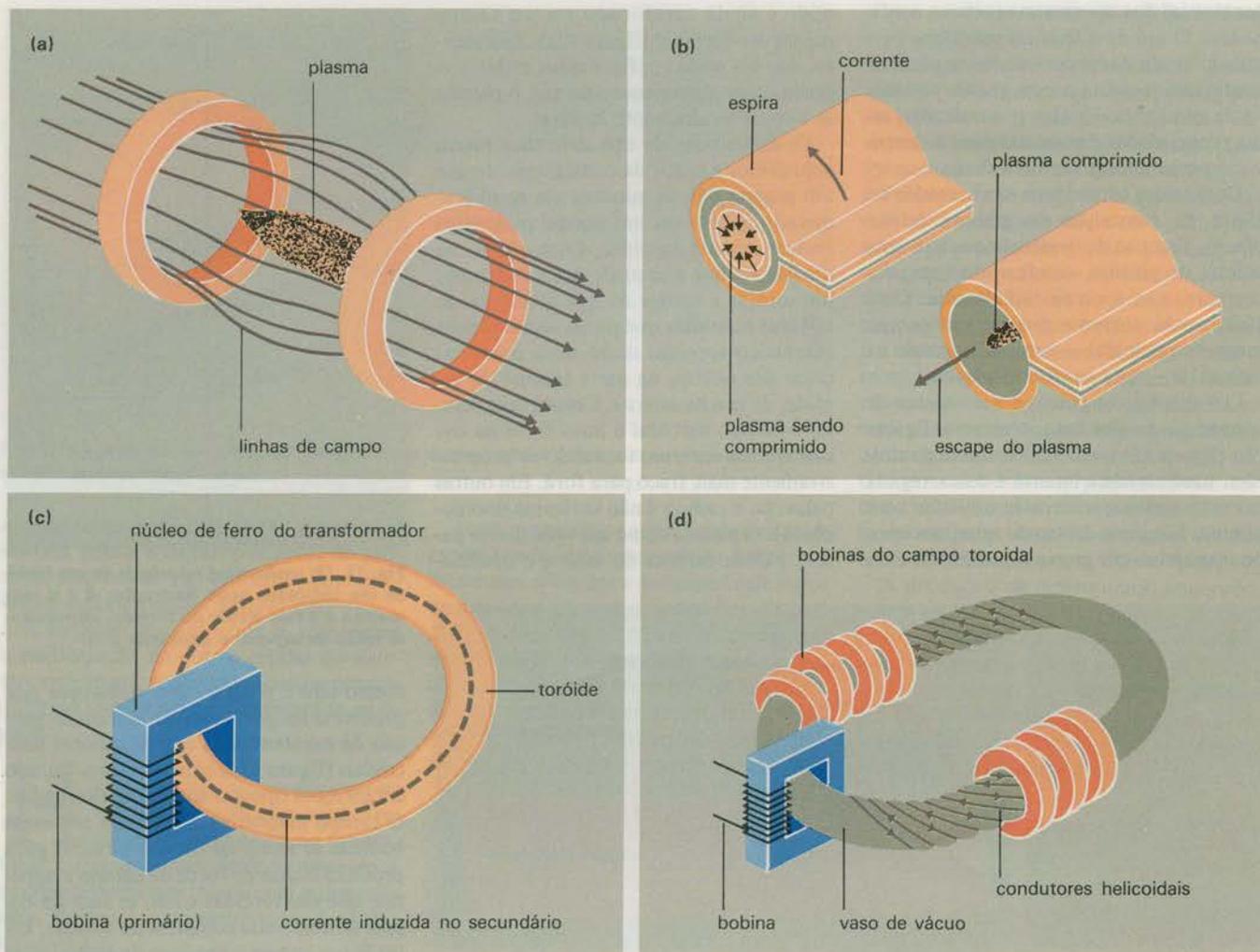


Fig. 13. Representação esquemática de alguns dispositivos para confinamento magnético: (a) espelho magnético, (b) θ -pinch, (c) z-pinch, e (d) stellarator.

roidalnaja kamera magnitnaja katusha) foram desenvolvidos desde o fim da década de 1950 na URSS. Há mais de 15 anos os tokamaks constituem o principal esforço mundial em fusão controlada, sendo o mais forte candidato a funcionar como núcleo do futuro reator a fusão.

O tokamak (figura 14) é um sistema de baixo beta que apresenta características do z-pinch estabilizado e do stellarator (ver "O que é a máquina tokamak", em *Ciência Hoje* n.º 9 p. 72). Ao contrário deste último, a torção das linhas de campo magnético não é obtida por bobinas helicoidais, mas pela combinação de um campo toroidal intenso com um campo poloidal cerca de dez vezes mais fraco (é neste ponto que o tokamak difere do z-pinch estabilizado, onde o campo toroidal é igual ou levemente mais fraco que o poloidal). Apenas com esses dois campos o plasma tende a se expandir em direção às paredes externas do toróide. Essa tendência é compensada pela adição de um campo magnético vertical, de sinal e magnitude apropriados, paralelo ao eixo maior do toróide. Esse campo é produzido por espiras externas colocadas si-

metricamente e paralelas ao plano definido pelo toróide ou através de uma superfície condutora envolvendo o plasma.

Em tokamaks e stellarators existe um limite superior para a corrente toroidal que pode passar pelo plasma, conhecido como limite de Kruskal-Shafranov. Se este limite é violado, o plasma desenvolve uma instabilidade hidromagnética chamada instabilidade de dobra. A figura 15 ilustra o que ocorre quando uma pequena dobra (distorção helicoidal) se desenvolve no plasma. As linhas de força do campo magnético são menos próximas em cima do que embaixo da dobra, onde o campo é mais intenso. Como consequência a dobra se acentua e isso continua até que o plasma comprimido fica tão distorcido que toca as paredes do vaso ou é totalmente destruído.

A operação de um tokamak geralmente envolve as seguintes etapas: a pré-ionização do gás no vaso pela passagem de uma descarga de alta voltagem (radiofrequência), em um processo análogo ao que ocorre em uma lâmpada fluorescente; a indução, via transformador, da corrente toroidal (corrente de plasma) que, além de produzir o

campo poloidal, aquece o plasma (aquecimento ôhmico ou resistivo) em um efeito análogo ao utilizado em um chuveiro elétrico. Ao fim deste processo, o plasma estará aquecido e confinado. Entretanto, com aquecimento ôhmico se podem atingir somente temperaturas entre cinco e 15 milhões de Kelvin; esta limitação é devida em parte à diminuição da resistência do plasma em altas temperaturas e ao limite de Kruskal-Shafranov. Poder-se-ia, em princípio, vencer esse limite trabalhando com correntes elétricas e campos magnéticos mais intensos, o que exigiria máquinas muito maiores e possivelmente antieconômicas. Para obter as altas temperaturas necessárias em um reator a fusão, lança-se mão de outros esquemas para aquecimento adicional, entre eles: injeção de partículas neutras altamente energéticas no plasma, aquecimento por radiofrequência (transfere-se ao plasma a energia transportada por ondas eletromagnéticas), aquecimento por compressão adiabática etc.

Outra área importantíssima na pesquisa de fusão controlada é a das técnicas de diagnóstico. Este termo designa o conjun-

to de procedimentos experimentais utilizados para se obterem informações relativas às propriedades do plasma, tais como temperatura, pressão, densidade e energia de elétrons e íons, distribuição de campos magnéticos, intensidade de corrente etc. Essas técnicas incluem desde sondas magnéticas e eletrostáticas que são introduzidas no plasma, até sofisticados processos que envolvem interferometria e espalhamento *laser*, emissão de radiação por partículas carregadas, espectroscopia óptica, e outros. As técnicas de aquecimento e de diagnóstico são tópicos bastante especializados, que têm sido objeto de intensa pesquisa.

Admittiremos, no que se segue, um reator a fusão tendo como núcleo um *tokamak* que funcione, por simplicidade, em regime contínuo (os *tokamaks* atuais funcionam em regime pulsado) e produza energia por uma reação D-T.

Os nêutrons emergentes da reação D-T (figura 6) desempenham o papel central no

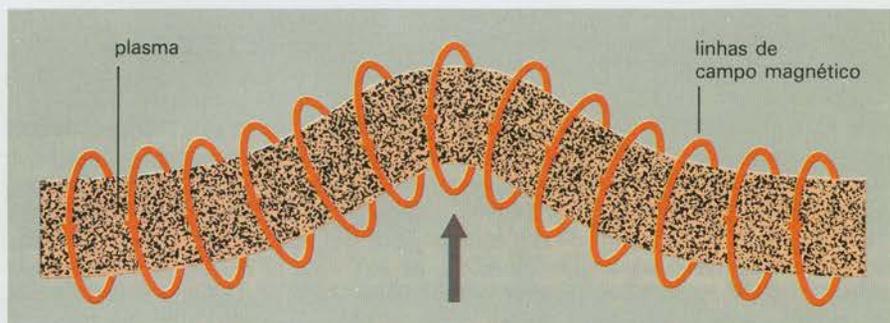


Fig. 15. A instabilidade de dobra em um plasma, representada aqui bidimensionalmente.

reator a fusão. Além de serem necessários para a produção de trítio a partir do lítio (figura 5), essas partículas, sem carga elétrica, escapam do plasma confinado, carregando cerca de 80% da energia produzida na reação. Com a finalidade de “recolher” estes nêutrons, o vaso do *tokamak* é envolvido por uma cobertura de lítio, na forma elementar ou como um composto (figura 16). O vaso toroidal, que

contém o lítio, pode ser feito com um metal refratário (nióbio, vanádio ou molibdênio) ou mesmo de aço inoxidável. O trítio produzido na cobertura é removido como gás e retorna para a câmara de reação. Ao mesmo tempo, os nêutrons depositam sua energia no lítio, que é aquecido até temperaturas da ordem de 1.100°C . A cobertura de lítio é externamente envolvida por um isolante térmico, que também serve para absorver nêutrons energéticos remanescentes. Finalmente, na parte mais externa, ficam as espiras responsáveis pelo confinamento magnético. O calor depositado na cobertura de lítio pelos nêutrons pode ser daí retirado por um trocador de calor. A partir desse ponto, o processo é convencional. Esse calor é suficiente para produzir vapor de água que pode ser utilizado em uma turbina para gerar energia elétrica.

Estudos indicam que os reatores a fusão serão mais seguros do que os a fissão já existentes. Para uma usina a fusão (1.000.000 kW de potência) são necessários apenas 0,25 kg/dia da mistura D-T. A energia total liberada, se todos os componentes fossem consumidos, seria comparável àquela contida em um tanque de armazenamento de petróleo de uma refinaria, e as consequências de uma reação não controlada poderiam ser confinadas no interior do vaso do reator. Outra vantagem decorre do fato de que deutério, lítio e hélio não são radioativos. Quanto ao trítio, que é radioativo (meia-vida de 12 anos e emissor de raios beta de baixa energia — 18 keV), ele é processado no próprio reator poucas horas antes do uso, o que minimiza problemas de transporte e armazenamento.

Os dois maiores problemas relacionados com os reatores a fusão são o escape de trítio para a atmosfera e a formação de isótopos radioativos na estrutura do reator. Estimativas feitas para a taxa de escape de trítio sugerem algo como um miligrama por dia (usina de 1.000.000 kW de potência), o que é cerca de 1% do máximo admitido. Nesses níveis, o eventual dano biológico seria comparável ao dos isótopos radioativos liberados em usinas a combustíveis fósseis. O segundo problema tem origem no fato de que, depois de um certo período de ope-

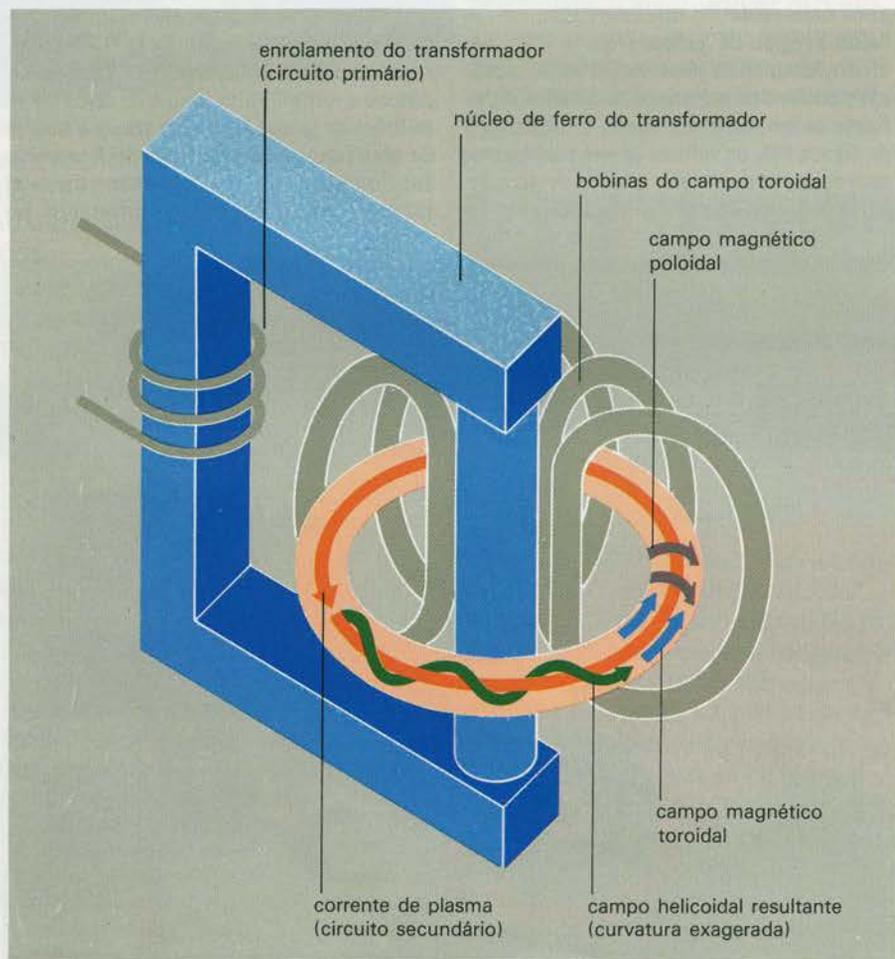


Fig. 14. Representação esquemática de um *tokamak*. A corrente fluindo nas bobinas do campo toroidal gera um campo magnético toroidal. A corrente de plasma induzida pela corrente na bobina do primário produz o campo magnético poloidal. Estes dois campos combinam-se para formar um campo helicoidal resultante. A estabilização completa do plasma é obtida adicionando-se um campo magnético vertical, paralelo ao eixo maior do toróide (não mostrado na figura), produzido por espiras externas paralelas ao plano do toróide, situadas acima e abaixo do mesmo (não mostrados).

ração, o vaso do reator a fusão deve ser substituído por causa dos danos causados pelos nêutrons energéticos. Entretanto, como consequência da captura de nêutrons, esse vaso fica radioativo e essa atividade só decai a níveis toleráveis depois de cerca de dez anos. Isto causa problemas durante as operações de manutenção (que deverão ser robotizadas) e exigirá que o vaso, após ser substituído, tenha um armazenamento adequado até que a atividade diminua e ele possa ser recuperado para uso posterior. A utilização de ligas de vanádio-titânio, o que é tecnicamente possível, poderá reduzir esses problemas por um fator três.

Embora as máquinas de pequeno e médio porte desempenhem papel importantíssimo na pesquisa da fusão controlada, auxiliando na compreensão dos processos físicos, testando novos dispositivos, avaliando e sugerindo novas teorias, são as máquinas de grande porte que se situam na fronteira do problema, relativamente à obtenção das condições de "auto-sustentação". Para alcançar esta meta colaboram, em todo o mundo, mais de 70 tokamaks de várias dimensões, além de dezenas de outras máquinas de confinamento magnético e pesquisas bastante avançadas em confinamento inercial.

Os principais tokamaks de grande e médio porte, bem como seus parâmetros, estão representados na figura 17. Os quatro maio-

res em operação no mundo — JET (Euratom, Inglaterra), TFTR (EUA), D-III-D (EUA) e JT-60 (Japão) — têm correntes de plasma na região de um a cinco milhões de ampères, tempos de confinamento da energia da ordem de um segundo, duração do pulso de plasma de três a 20 segundos, e aquecimento adicional na faixa de potência de um a 20 milhões de watts. Apenas no JET e no TFTR está prevista a operação com D-T, provavelmente no início dos anos 90. As máquinas T-15 (URSS) e Tore Supra (França), ainda em construção, testarão, pela primeira vez, a utilização de bobinas supercondutoras (resistência nula para temperaturas menores do que cerca de $20\text{ K} = -253^\circ\text{C}$) em máquinas de grande porte. O tokamak FT-U (Itália), na linha das máquinas do tipo Alcator (EUA), representa a classe de experimentos em que é obtido um bom desempenho pelo uso de campos toroidais intensos e não com o aumento das dimensões da máquina.

Em termos da temperatura iônica T e do fator $n\tau$, tem sido observada ao longo dos anos uma evolução dos resultados em direção à região de ignição (figura 18). Com efeito, em pouco mais de 20 anos, desde a obtenção dos primeiros resultados significativos no tokamak russo T-3 (ponto 1 da figura 18), os valores desses parâmetros aumentaram por várias ordens de grandeza. A julgar pelo que foi apresentado du-

rante a última reunião bienal da Agência Internacional de Energia Atômica (novembro de 1986), só há motivo para otimismo. Os melhores resultados disponíveis foram obtidos com os tokamaks TFTR e JET.

No TFTR, operando com aquecimento adicional intenso e baixas densidades (cerca de 10^{19} partículas/m³), foi registrada a maior temperatura iônica já observada: 220 milhões de graus Kelvin (ponto 2 da figura 18). Nesse mesmo evento, o fator $n\tau$ alcançado foi 1.10^{19} s/m³, inferior ao exigido pelo critério de Lawson. Em um outro experimento, utilizando plasmas mais densos e sem aquecimento adicional (i.e., somente aquecimento ôhmico), o plasma do TFTR chegou a $1,5.10^{20}$ s/m³ para $n\tau$ (ponto 3 da figura 18), superando dessa forma o valor fornecido pelo critério de Lawson. Entretanto, neste caso a temperatura obtida foi de cerca de 13 milhões de graus Kelvin, muito inferior àquela necessária para a ignição.

Os tokamaks JT-60 e D-III-D têm apresentado desempenho bastante satisfatório, levando-se em conta que são máquinas em fase inicial de operação. O D-III-D, operando apenas com aquecimento ôhmico, alcançou a temperatura iônica de cerca de 32 milhões de graus Kelvin, a mesma ordem de grandeza que a obtida no JET também funcionando sem aquecimento adicional (pontos 5 e 6 da figura 18). Entretanto, no

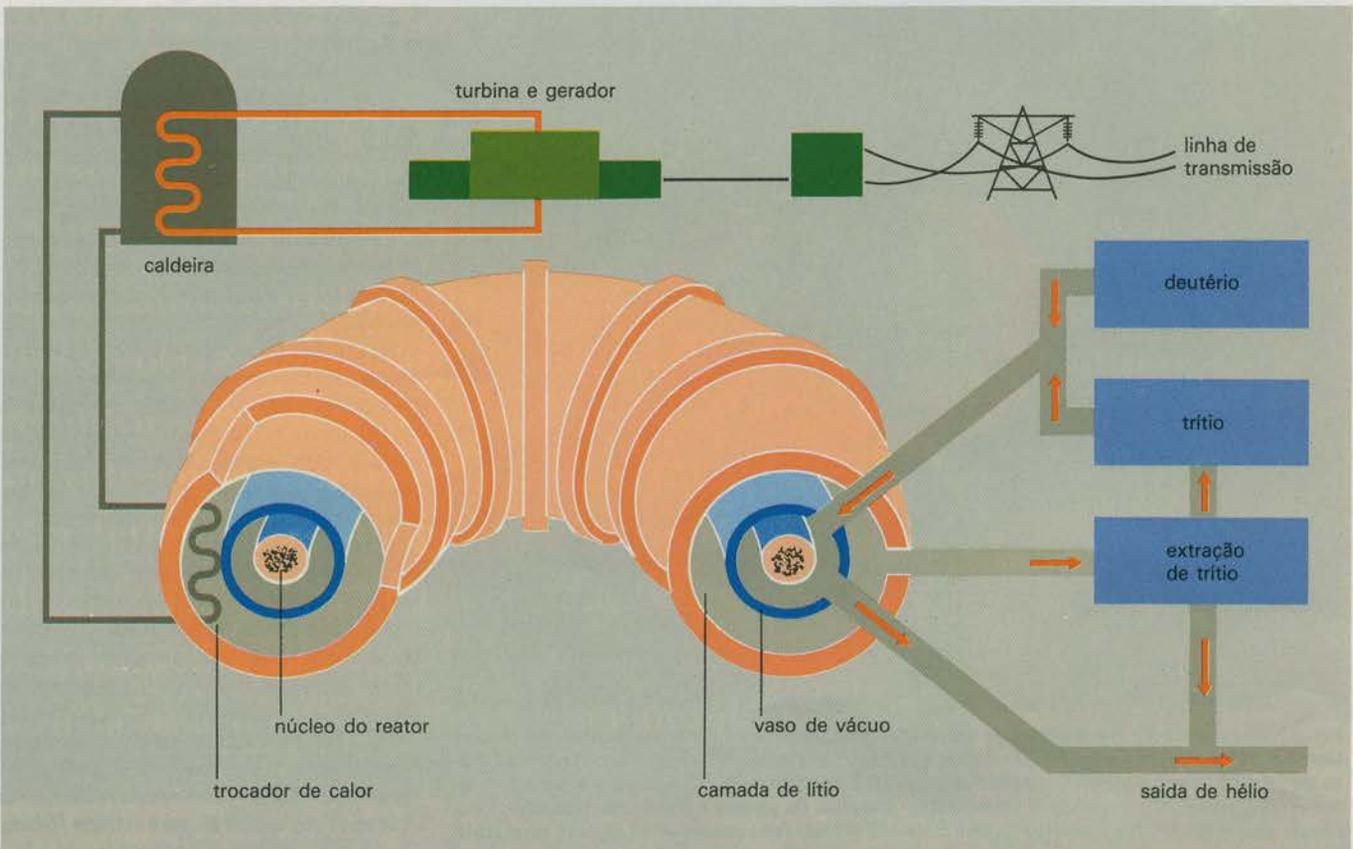


Fig. 16. Seção de um toróide, mostrando os princípios básicos de um possível reator a fusão, utilizando deutério-trítio (esquemático).

17. Parâmetros dos principais tokamaks

	Tokamak	País	R (metro)	a (metro)	K	B (Tesla)	I _p (milhões de ampères)
Grandes máquinas	JET	cooperação europeia	2,96	1,25	1,6	3,5	5,0
	TFTR	E.U.A.	2,55	0,85	1,0	5,2	2,5
	JT-60	Japão	3,0	0,95	1,0	4,5	2,7
	D-III-D	E.U.A.	1,67	0,67	1,0 - 2,0	2,2	2,0 - 3,0
	T-15*	U.R.S.S.	2,4	0,70	1,0	4,0	2,0
	Tore Supra*	França	2,4	0,70	1,0	4,5	1,7
Máquinas de médio porte (representativas)	FT-U*	Itália	0,92	0,31	1,0	8,0	1,6
	T-3	U.R.S.S.	1,0	0,17	1,0	2,5	0,1
	PLT	E.U.A.	1,3	0,4	1,0	3,5	0,6
	T-10	U.R.S.S.	1,5	0,37	1,0	3,5	0,5
	Asdex	R.F.A.	1,6	0,4	2,0	2,6	0,5
	D-III	E.U.A.	1,4	0,4	1,4 - 1,8	2,6	1,0
	PDX	E.U.A.	1,4	0,4	1,0	2,4	0,5
	FT	Itália	0,8	0,23	1,0	8,0	0,6
	Alcator C	E.U.A.	0,64	0,16	1,0	12,0	0,8
	TFR	França	0,98	0,20	1,0	6,0	0,4

*Em construção K = raio menor "vertical"/raio menor "horizontal" a = raio menor horizontal B = intensidade do campo magnético toroidal I_p = corrente máxima

JET, o produto $n\tau$ (3.10^{19} s/m³) obtido é cerca de quatro vezes maior do que o do D-III-D. O desempenho do JT-60 (ponto 7 da figura 18), funcionando com aquecimento adicional por injeção de partículas neutras, mostrou-se sensivelmente superior ao do D-III-D. Obteve-se cerca de 63 milhões de graus Kelvin para a temperatura iônica e 10^{19} s/m³ para o produto $n\tau$. Entretanto, a melhor combinação para o fator de Lawson e a temperatura iônica foi obtida no JET, com 5.10^{19} s/m³ para $n\tau$ e cerca de 63 milhões de graus Kelvin (ponto 4 da figura 18).

No Brasil, as pesquisas em fusão controlada foram iniciadas em meados da década de 1970. Pode-se dizer que alcançamos uma massa crítica de pesquisadores: existem cerca de 40 doutores e 29 mestres trabalhando em várias instituições brasileiras.

Há hoje no país competência demonstrada na pesquisa de confinamento de plasmas em sistemas toroidais do tipo *tokamak* (Universidade de São Paulo — USP) e em sistemas lineares (Universidade Estadual de Campinas — Unicamp). Um grande avanço tem sido verificado no desenvolvimento de técnicas de diagnóstico. Em tecnologia, destacam-se o desenvolvimento de marçaricos de plasma (Unicamp e Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT) e o projeto de construção de geradores de ondas eletromagnéticas de alta frequência, chamados *girotrons* (Instituto de Pesquisas Espaciais — Inpe). Desenvolvem-se, também, pesquisas experimentais, relacionadas com a física de plasmas e fusão controlada, na

Universidade Federal Fluminense (UFF) e no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA). Pesquisas teóricas são realizadas nos laboratórios acima indicados, bem como na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na área experimental de confinamento magnético, os grupos de maior tradição são os da USP e da Unicamp. O grupo de plas-

ma desta última construiu inicialmente pequenos dispositivos de geometria linear e alto beta (θ -pinch), tendo adquirido e colocado em funcionamento em 1982 um θ -pinch mais poderoso chamado Tupã-1 (figura 19). Mais recentemente, decidiu-se construir um toróide compacto (Torus C-I), que em breve deverá estar em operação.

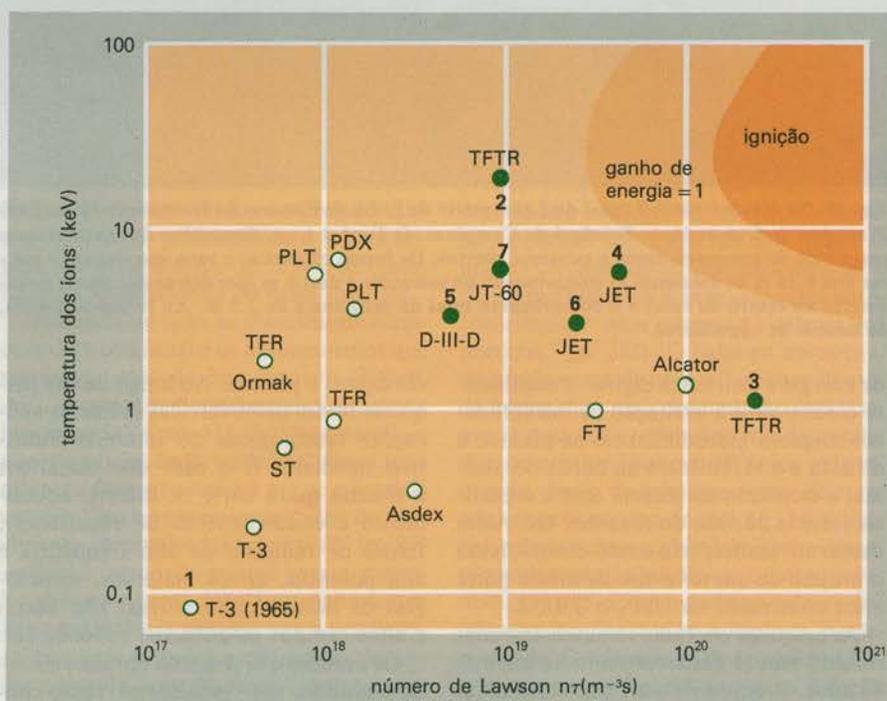


Fig. 18. Evolução das pesquisas com tokamaks. Na região de ganho de energia a reação D-T é "auto-sustentada"; 1 keV corresponde a cerca de 11.600.000 K. Os números ao lado de alguns resultados referem-se a citações no texto. Os círculos preenchidos representam resultados recentes (1986).

O Laboratório de Física de Plasmas do Instituto de Física da USP iniciou suas atividades com o Projeto TBR-1 (*Tokamak Brasileiro*, figura 20). Única máquina desse tipo na América Latina, e inteiramente construída no Brasil; começou a operar em regime *tokamak* em junho de 1980. É uma máquina de pequeno porte (seção circular com raio menor 0,11 m e raio maior 0,30 m) com campo magnético toroidal máximo 0,5 tesla, corrente máxima de plasma de 12 mil ampères e temperatura de elétrons de cerca de 1,5 milhão de graus Kelvin. Nesse laboratório tem sido dada grande ênfase ao desenvolvimento de diagnósticos e instrumentação, com destaque para a construção de um espectrômetro óptico de grande resolução ($0,04 \cdot 10^{-10}$ m), sonda eletrostática para íons e elétrons, técnicas para controle de altas correntes, armazenamento

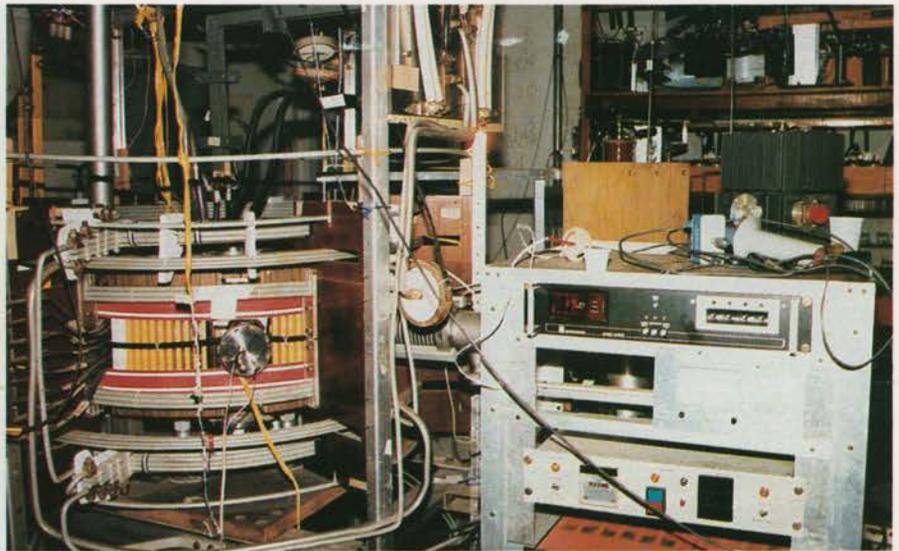


Fig. 20. Nas pesquisas em fusão controlada, as máquinas de pequeno e médio porte desempenham um papel relevante. Nesta foto, o tokamak TBR-1 do Laboratório de Física de Plasmas do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Trata-se da única máquina em operação na América Latina. No canto inferior direito, vê-se parte do sistema de vácuo do TBR-1 e ao fundo os bancos de capacitores, cuja função é armazenar a energia que é utilizada para produzir a corrente de plasma e os campos magnéticos confinantes. Na metade esquerda da foto, o TBR-1. O vaso toroidal está envolvido pelas bobinas do campo toroidal (em amarelo).

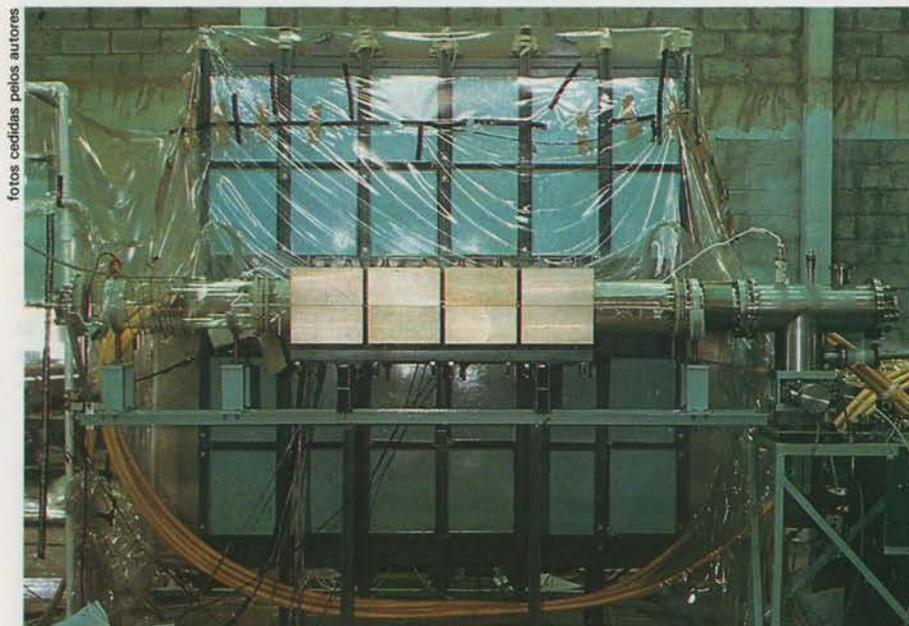


Fig. 19. Na foto o θ -pinch Tupã-1 do Laboratório de Física de Plasmas do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas. O Tupã-1 é um dispositivo de confinamento magnético de geometria linear e extremos abertos. De forma cilíndrica, o vaso que contém o plasma tem 0,16 m de diâmetro. O comprimento do solenóide é de 1,0 m (por detrás das placas retangulares no centro da foto) e o comprimento total da máquina é de 2,5 m. Ao fundo (em azul), os bancos de capacitores.

de energia e eletrônica digital. Pesquisas sobre o controle e a excitação de instabilidades magneto-hidrodinâmicas no plasma, a difusão e a turbulência na borda do plasma, a interação do plasma com a superfície interna do vaso do tokamak etc. Além destas atividades, está sendo desenvolvido o projeto de um tokamak de médio porte a ser construído na USP, o TBR-2.

As pesquisas em fusão termonuclear controlada vêm se desenvolvendo há mais de 35 anos. Trata-se de um tempo excessivamente longo? Não nos parece. Durante esse período, muito se aprendeu de física básica, ao se tentar compreender o comportamento desse complexo meio material

condutor, o plasma. Ao longo dessas pesquisas foram desenvolvidas inúmeras aplicações tecnológicas de interesse industrial imediato. É o caso dos maçaricos a plasma (para corte de metais, aquecimento e endurecimento de superfícies), fontes de radiação de alta frequência e alta potência, novos materiais, tecnologias de baixas temperaturas, alto vácuo e altos campos magnéticos, robótica etc.

Os avanços que têm sido obtidos, em todo o mundo, nas pesquisas em fusão controlada são fruto de um trabalho de equipe. Em uma interessante simbiose, físicos teóricos, físicos experimentais, engenheiros e técnicos trabalham em problemas que en-

volvem física básica e aplicada, engenharia, tecnologia e computação, somando seus esforços para atingir um objetivo comum.

Na década de 1950, quando as pesquisas em fusão começaram, pensava-se que os problemas poderiam ser resolvidos facilmente e o reator viabilizado em curto espaço de tempo. Aprendeu-se, contudo, que eles eram muito mais complexos. Boa parte dos problemas pôde ser resolvida, outros ainda estão sendo tratados. Agora, com mais experiência, imagina-se que se está próximo da demonstração da viabilidade científica da fusão controlada. É com esta expectativa que se tem trabalhado.



SUGESTÕES PARA LEITURA

- PEASE R.S., "Nuclear fusion comes closer", *Nature*, vol. 234, n.º 6.097, 1986.
- SCHWARZSCHILD B., "Princeton tokamak reaches record plasma ion temperature", *Physics Today*, vol. 39, n.º 11, 1986.
- GILL R.D. (ed.), *Plasma physics and nuclear fusion research*. Academic Press, 1981.
- COPPI B. e REM J., "The tokamak approach in fusion research", *Scientific American*, vol. 227, n.º 7, 1972.
- ARTSIMOVICH L.A., "Tokamak devices", *Nuclear Fusion*, vol. 12, p. 215-252, 1972.
- GOUGH W.C. e EASTLUND B.J., "The prospects of fusion power", *Scientific American*, vol. 224, n.º 2, 1971.

Caderneta da Caixa

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

Esta é a maior, melhor e mais segura caderneta de poupança do País.

Gravura de John Smith, 1712, extraída de Essays in
the History of Mechanics, de C. Truesdell.



Isaacus Newton Eq. Aur.

Principia Mathematica 300 anos

Marcio Q. Moreno

Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais

① século XVII — chamado “o século da revolução científica” — assistiu a uma profunda transformação da vida humana. Segundo Arthur Koestler, em *Os sonâmbulos*, essa transformação “destruiu a visão medieval de uma ordem social imutável, num universo amuralhado, com sua hierarquia fixa de valores morais; e transformou por inteiro a paisagem, a sociedade, a cultura, os costumes e as concepções gerais na Europa, como se houvesse surgido no planeta um novo gênero de seres humanos”.

Entre os protagonistas dessa revolução ressaltam Galileu Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1630), René Descartes (1596-1650), Robert Boyle (1627-1691) e Christian Huygens (1629-1695). Mas foi com o pensamento do matemático, físico, astrônomo e filósofo inglês Isaac Newton (1642-1727), que ela se completou. O livro *Princípios matemáticos de filosofia natural* (*Philosophiae naturalis principia mathematica*), por ele publicado em 1687, influenciou desde a astronomia e a física até as idéias políticas do século XVIII, podendo ser considerado a “certidão de nascimento” não apenas da física clássica, mas da ciência moderna.

Não se imagine, contudo, que as teorias expostas por Newton nessa obra foram desde logo bem recebidas. De fato, meio século se passou até que, vencidas as oposições que lhes faziam inclusive alguns dos melhores matemáticos, astrônomos e físicos da época, elas encontrassem acolhida, sobretudo na Europa continental.

“Era preciso ser Newton para ver que a lua cai, quando todo mundo vê que ela não cai.”

Paul Valéry

Como o próprio Newton o atesta no prefácio aos *Princípios*, o livro talvez jamais viesse a ser escrito, não fosse o astrônomo Edmund Halley (1656-1742).

Em meados de 1684, Halley, que então se iniciava como astrônomo, fez uma visita a Newton, com quem pretendia discutir o movimento dos planetas. Este era, na época, o problema científico por excelência. Na Inglaterra, ocupavam-se dele, além do próprio Halley, dois outros membros eminentes da Sociedade Real (The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge) — uma das primeiras academias científicas da Europa, constituída por carta real em 1662. Eram eles Robert Hooke, físico, químico e inventor, e Christopher Wren, arquiteto e matemático. Cada um por si, tinham conseguido estabelecer, a partir das leis empíricas do movimento planetário, enunciadas por Kepler no início do século, e da teoria da força centrípeta desenvolvida por Huygens, que os planetas se movem sob a ação de uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles e o Sol. Nenhum deles, entretanto, conseguira provar a proposição inversa: se a força que atua sobre os planetas obedece a essa lei, as trajetórias

por eles descritas seriam, necessariamente, elipses.

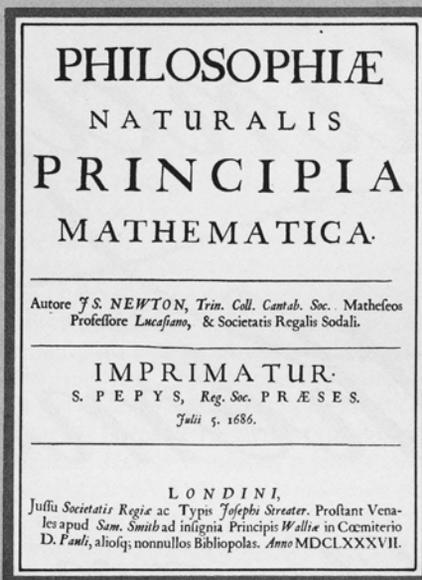
Ao perguntar a Newton qual seria a trajetória de um corpo em tais circunstâncias, Halley recebeu, com surpresa, a resposta imediata de que seria uma elipse. Indagou-lhe como sabia disso e, com renovado espanto, ouviu-o responder que já o tinha provado. O jovem astrônomo mostrou interesse em conhecer a demonstração, mas Newton, incapaz de encontrar suas anotações ou de se lembrar do raciocínio que fizera, prometeu refazê-lo e enviá-lo a Halley. Antes que o ano terminasse, este recebeu um pequeno ensaio, intitulado *Sobre o movimento*, e apresentou-o à Sociedade Real.

Numa segunda visita, em novembro do mesmo ano, Halley sugeriu a Newton que complementasse aquele trabalho com outros resultados de suas pesquisas e o publicasse. A proposta não foi bem acolhida. Temperamento esquivo e desconfiado, avesso a críticas, Newton se aborrecera quando, em 1672, ao fazer à Sociedade Real sua primeira comunicação — o estudo da dispersão da luz e a teoria das cores —, fora alvo de ataques ferinos de Hooke, com quem manteve azeda disputa. Alguns anos depois, novo trabalho seu, sobre óptica (fenômenos de interferência luminosa em películas delgadas) suscitou nova polêmica entre eles. Depois disto, e por vários anos, Newton praticamente rompeu relações com os demais cientistas e, isolado em Cambridge, prosseguira suas pesquisas e seus cursos no Trinity College.

Embora Halley tivesse conseguido romper seu confinamento voluntário, Newton não se mostrou disposto a divulgar os resultados que vinha obtendo. Halley insistiu. Ponderou que Newton deveria, quando menos, assegurar a prioridade das próprias descobertas. Ao que parece, o argumento surtiu efeito: em abril de 1686, foi-lhe enviado o que viria a constituir o Livro I dos *Princípios*; em outubro do mesmo ano, foi comunicada à Sociedade Real a segunda parte da obra (Livro II).

Entretanto, Hooke se obstinava em fustigar Newton. Ao tomar conhecimento do trabalho sobre o movimento que este comunicara à Sociedade Real, acusou-o, em plena sessão daquela academia, de lhe haver furtado idéias básicas. Esta terceira investida de Hooke enfureceu Newton a tal ponto que o levou a desistir de comunicar a parte final da obra, em que já estava trabalhando. Coube a Halley, mais uma vez, lançar mão de seu talento diplomático para convencer Newton a voltar atrás. Teve êxito: em janeiro de 1687 chegou-lhe às mãos o Livro III.

Outros obstáculos, porém, se interporiam à publicação dos *Princípios*. Agora, era a Sociedade Real que, sem recursos para editar a obra que prometera patrocinar, decidia transferir a Halley a responsabilidade



Fac-símile da folha de rosto da primeira edição dos *Princípios* (1687), com o imprimátur do presidente da Sociedade Real.

Em 1687, Newton já era um matemático renomado. O que valeu à obra, porém, pronta e grande repercussão (ainda que, muitas vezes, na forma de resistência) foi seu conteúdo, embora alguns tópicos já tivessem sido divulgados pelo autor em seus cursos universitários, sem causar maior impacto.

Antes de tudo, tratava-se da primeira obra de “filosofia natural” (como então se designavam as ciências físicas) elaborada completa e rigorosamente em linguagem matemática. E esta era a linguagem da geometria, tal como fora cultivada quase dois mil anos antes pelos matemáticos da Grécia helenística, notadamente Apolônio e Arquimedes. Tendo descoberto o cálculo infinitesimal cerca de 20 anos antes da publicação dos *Princípios*, Newton no entanto não o utilizou no livro, fiel à tradição segundo a qual a linguagem própria à ciência natural era a geometria. Cerca de meio século antes, Galileu dissera: “O livro da natureza, isto é, o universo, está sempre aberto diante de nossos olhos. Ele está escrito em linguagem matemática, seus caracteres sendo triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem as quais é impossível entender suas palavras e vagamos perdidos como em um labirinto escuro.” Newton por sua vez afirmou, no prefácio de sua obra, que o “filósofo natural” tem por tarefa expressar matematicamente os fenômenos da natureza.

A estrutura do livro reflete a inspiração da geometria grega. Ele se divide em cinco partes: “Definições”, “Axiomas” e três “Livros”, divididos por sua vez em várias seções; estas contêm numerosos teoremas e corolários, concluindo muitas vezes com longos esclarecimentos, os chamados “es-

cólios”. A partir da segunda edição (1713), foi introduzido no final da obra o famoso “Escólio Geral” — reflexo de uma polêmica igualmente famosa com o filósofo e matemático alemão Gottfried W. Leibniz (1646-1716) —, em que Newton expõe suas idéias teológicas. Essa edição trouxe outro acréscimo importante: as “Regras para raciocinar em filosofia natural”, que precedem o Livro III.

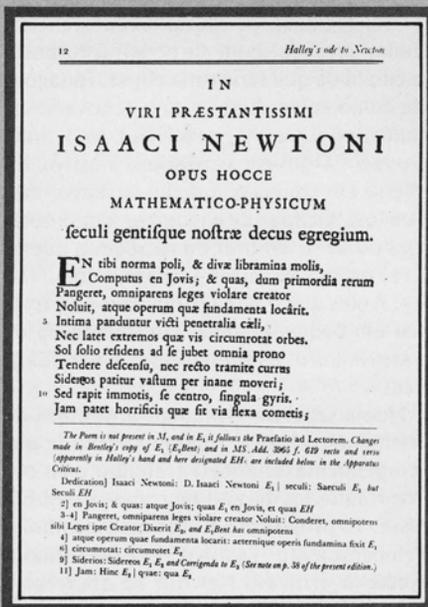
O texto principia com a definição de várias grandezas físicas — como massa, inércia, momento linear, força — e enuncia dos relativos à natureza do espaço, do tempo e do movimento. Seguem-se alguns axiomas, entre os quais as célebres três leis do movimento, as regras para a composição e resolução das forças e o princípio de conservação da quantidade do movimento.

O Livro I, um estudo geral do movimento, trata particularmente das massas puntiformes em movimento sob a ação de centros atrativos. Demonstra que as leis empíricas do movimento planetário, descobertas por Kepler, podem ser deduzidas a partir da hipótese de uma força atrativa variável com o inverso do quadrado da distância.

O Livro II trata do movimento de corpos em meios resistentes (líquidos e gases) e do movimento desses mesmos fluidos. Algumas das idéias expostas no primeiro Livro haviam sido antecipadas por Galileu, Descartes e Huygens. No caso do Livro II, entretanto, Newton praticamente não tinha precursores. Ao estudar questões como o movimento das esferas e cilindros em fluidos e a resistência a eles oferecida, a oscilação da água em tubos em U, a propagação de ondas na superfície da água e a velocidade do som no ar, fundava um novo capítulo da mecânica: a hidrodinâmica.

No Livro III, intitulado “O sistema do mundo” (no caso, o sistema solar e alguns cometas), Newton introduziu o conceito de gravitação e explicou, utilizando resultados já estabelecidos, fenômenos aparentemente desconexos, como o movimento planetário e o dos cometas, as marés, a precessão dos equinócios e o achatamento polar da Terra.

Historiadores da ciência assinalam que, ao contrário de outras obras famosas de “filosofia natural” — inclusive as de Galileu e de Descartes —, o livro de Newton é muito difícil, exigindo do leitor sólido conhecimento de geometria. C. Gillispie, por exemplo, observa: “É um livro intratável. É duvidoso que qualquer outra obra de influência comparável tenha sido lida por tão poucas pessoas. A própria comunidade científica necessitou de 40 anos de discussões, que às vezes assumiram o tom de controvérsia, para dominar as implicações do livro de Newton e adotar a postura da física clássica. Depois disso, dificilmente seria necessário que fosse lido. Bastava que existisse.”



Trecho inicial da “Ode a Newton”, de Edmund Halley.

dade e a despesa. Embora não fosse rico, Halley aceitou o encargo; mais ainda: incumbiu-se de ler e corrigir as provas. Não satisfeito, compôs, para prefaciá-la, uma longa “Ode a Newton”. O poema, como o livro, foi escrito em latim, como, na época, toda obra erudita (os *Princípios* só foram traduzidos para o inglês em 1729, dois anos após a morte do autor).

Newton aliava ao gênio matemático o talento de um experimenter consumado.

Quando de sua primeira polêmica com Hooke (a respeito da teoria das cores), ele formulara claramente sua concepção do método científico: "O método melhor e mais seguro de filosofar parece ser, primeiro, investigar diligentemente as propriedades das coisas e estabelecer essas propriedades por meio de experimentos e só depois passar, mais lentamente, às hipóteses que as explicam." Foi esse o caminho que sempre trilhou, embora em geral apenas suas experiências no campo da óptica — sobre a dispersão da luz, a interferência em películas delgadas etc — sejam lembradas.

Os *Princípios matemáticos* não são, como muitos supõem, uma obra puramente teórica: contêm a descrição de numerosos experimentos realizados pelo autor. Logo no início, após enunciar as leis do movimento, ele relata experimentos sobre choques de pêndulos, que utilizou depois para fundamentar a lei de ação e reação.

Ao tratar do movimento em meios resisivos (Livro II), Newton descreve também vários experimentos. No final da seção IV, por exemplo, relata experimentos sobre o movimento de pêndulos no ar e na água, comparando em seguida sua resistência. A sessão VII desse livro finaliza com a descrição de 14 experimentos sobre o movimento de esferas de cera contendo chumbo, que Newton deixava cair na água.

O conceito de massa e a distinção entre esta grandeza e o peso foram formulados a partir de experimentos efetuados por Newton com pêndulos "de ouro, prata, chumbo, vidro, areia, sal comum, madeira, água e trigo" (Livro III, proposição VI). Ele estabeleceu então a proporcionalidade entre peso e massa, enunciando-a nos seguintes termos: todos os corpos gravitam para todos os planetas e os pesos dos corpos à mesma distância de dado planeta são proporcionais às quantidades de matéria que cada um contém.

Outra razão para o impacto provocado pelos *Princípios matemáticos* foi a novidade dos conceitos físicos que propunha, em franca divergência com as idéias vigentes. No final do século XVII, o pensamento científico estava dominado pelo mecanicismo cartesiano. Este, no princípio do século, suplantara a física escolástica e a filosofia hermética, com suas explicações do mundo físico baseadas em conceitos nebulosos como os de "formas substanciais", "qualidades ocultas", "simpatias", "antipatias" e "espíritos vitais".

O mecanicismo de Descartes, ao identificar o espaço com a matéria, a qual seria rigidamente separada do espírito, viera propor uma nova concepção do universo físico. O mundo estaria impregnado de "ma-

Regras para raciocinar em filosofia natural

Regra 1

Não devemos imaginar maior número de hipóteses do que as necessárias e suficientes para explicar os fenômenos observados.

Regra 2

Devemos, conseqüentemente, atribuir tanto quanto possível os mesmos efeitos naturais às mesmas causas.

Regra 3

As propriedades invariáveis que verificarmos experimentalmente serem comuns a todos os corpos com os quais podemos experimentar devem considerar-se comuns a todos os corpos em geral.

Regra 4

Em ciência devemos considerar as proposições inferidas por ampla indução a partir das observações como exatamente ou aproximadamente verdadeiras, não obstante quaisquer hipóteses contrárias, até que outros fenômenos ou experimentos demonstrem que devam ser corrigidas ou que admitem exceções.

téria sutil" (de vários tipos), formada por diminutos corpúsculos em eterno movimento ao longo de trajetórias fechadas, formando inumeráveis "turbilhões". Uma vez que espaço e matéria coincidam, o vácuo era impensável (tese, aliás, já sustentada pela física aristotélica).

Os corpos, segundo Descartes, só podiam interagir mediante forças originadas nos choques entre eles ou transmitidas de um a outro, como pressões, pela matéria sutil. As forças entre os corpos eram de natureza específica, dependendo do tipo de matéria: tal como um imã atrai o ferro mas não o ouro, somente corpúsculos de matérias "afins" poderiam atuar uns sobre os outros.

Salvo pela formulação das leis da reflexão e da refração da luz, Descartes não se empenhara em definir os mecanismos de interação dos corpos, nem em descrever matematicamente os fenômenos naturais. Em vez disso, propusera analogias mecânicas facilmente visualizáveis e, por isso, acessíveis a leitores sem conhecimentos matemáticos. Um exemplo é a explicação do movimento dos planetas: eles seriam arrasta-

dos pelo turbilhão de "matéria sutil" centrado no Sol. Tal proposição ignora as leis de Kepler, que, embora formuladas cerca de 20 anos antes que Descartes publicasse sua teoria, sequer foram mencionadas por ele.

A física proposta por Newton envolvia conceitos radicalmente diversos. Para começar, devia fundar-se em experiências e medidas e passar à generalização, como prescrevia a quarta das "Regras para raciocinar em filosofia natural". O novo conceito de força não estipulava a necessidade de um meio material que a transmitisse de um corpo a outro, nem sua especificidade, segundo o tipo de matéria dos corpos. A gravitação era concebida como propriedade geral, dependendo apenas das "várias quantidades de matéria que eles (os corpos) contêm" — isto é, o produto de suas massas — e da distância entre eles. Newton pretendia apenas exprimir matematicamente os efeitos das forças, sem se perder em especulações sobre a sua "natureza intrínseca": competia à ciência natural descobrir o "como", não o "porquê" dos fenômenos.

com as teorias de Newton na Inglaterra, onde Maupertuis estivera em 1728 e Voltaire ficara exilado entre 1726 e 1728.

Certa vez, ao comentar que tinham sido necessários mais de 50 anos para que a teoria gravitacional conseguisse adeptos no continente europeu, Maupertuis acrescentou: "Ela (a teoria da gravitação) permanecerá encerrada em sua ilha; ou, se atravessava o mar, não parecia mais que a reprodução de um monstro que fora proscrito; aplaudia-se tanto o ter-se banido da filosofia as qualidades ocultas, e tinha-se tanto medo que elas ressuscitassem, que tudo que aparentemente se assemelhasse com elas intimidava."

Maupertuis relatou ainda quanto lhe custara a "ousadia" de apresentar na França as idéias de Newton, o que fizera num ensaio de astronomia publicado em 1732. Sua defesa da mecânica lhe valera, além de inimizades pessoais, a pecha de impatriótico, por defender idéias que desmentiam as teorias cartesianas. O filósofo e matemático francês Jean le Rond D'Alembert (1717-1783) diria de Maupertuis e de sua luta em prol da mecânica newtoniana: "Ele acreditou que se podia ser bom cidadão sem adotar cegamente a física de seu país e, para atacar essa física, necessitou de uma coragem pela qual lhe devemos ser gratos."

Voltaire iniciou a divulgação da mecânica newtoniana com a publicação das fa-

ção das obras do filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626) para o português. Logo, porém, foi obrigado a desistir da empreitada em face da falta de apoio e até da resistência que encontrou junto à corte portuguesa.

A *Theorica verdadeira das marés* destinava-se a divulgar as idéias de Newton a partir de um de seus maiores feitos: a explicação do porquê das marés. O tema foi provavelmente escolhido não só por sua ligação com o mar — tão importante na vida portuguesa, desde os séculos XV e XVI — como em decorrência da visão própria de Sarmiento, que atribuía aos astros, em particular à Lua, grande influência sobre os fenômenos terrestres. Nisto ele se inseria numa importante tradição médica, reinterpretando-a segundo o paradigma gravitacional newtoniano. Parte do livro é dedicada a um apanhado da vida e da personalidade de Newton. A "demonstração de que a Lua se retém no seu orbe pela força da gravidade" é apresentada em apêndice.

É difícil aquilatar a repercussão real da *Theorica*. Escrito em português, sua leitura ficava restrita a Portugal, exceto talvez pelas colônias de judeus portugueses que viviam no exílio, sobretudo na Ho-

mosas *Cartas filosóficas*, ou *Cartas sobre os ingleses*, que lhe garantiriam, além de notoriedade, inúmeros aborrecimentos com o governo francês. Três dessas cartas — previamente submetidas ao julgamento de Maupertuis — explicam, em linguagem simples, mas corretamente, as idéias de Newton. São textos ainda hoje interessantes, pois, tendo compreendido a mecânica newtoniana, o autor as transmite com seu brilho, humor e ironia peculiares.

Em 1738, Voltaire publicou *Elementos da filosofia de Newton*, que teve acolhida muito favorável. Dedicou o livro à sua amante, a marquesa du Châtelet, mulher inteligente e culta, também entusiasta das idéias de Newton. Foi a marquesa que tomou a si a difícil empreitada de traduzir os *Princípios* para o francês — tarefa para a qual se preparou tomando aulas de mecânica com Maupertuis (a tradução só foi publicada em 1759, dez anos após a morte da tradutora).

Os livros de Voltaire, por seu caráter não técnico, aliado à correção científica, e por ser o autor um compatriota de Descartes,

foram decisivos para o triunfo da mecânica newtoniana na França e nos demais países do continente europeu. Foi uma dura batalha; o cartesianismo tornara-se uma espécie de "ciência oficial", perfiçada por praticamente todos os ocupantes de cargos científicos de importância, e em particular pelos membros da Academia de Ciências de Paris. No prefácio à tradução francesa dos *Princípios*, Voltaire comentou que a vitória da mecânica newtoniana na França tivera de esperar que morresse a geração dos que "havia envelhecido nos erros de Descartes".

Em que pese a resistência e até a hostilidade suscitada pela idéia da gravitação, a obra de Newton teve imediata e enorme influência sobre todos os domínios do pensamento europeu, que atravessava então uma crise profunda, de múltiplas causas. A mentalidade herdada da Idade Média fora superada, mas à custa de grande perplexidade intelectual. Ao findar-se o século XVII, ainda não tinham sido formuladas alternativas a tudo que fora abolido.

Os *Princípios* traziam ao mundo uma importante inovação: o conceito de lei natural, cuja aplicação, sobretudo em astronomia, se revelara tão fértil. A física newtoniana era uma prova veemente da objetividade do conceito.

É interessante destacar o empenho de Sarmiento — numa época em que o latim era ainda considerado a língua adequada à expressão da filosofia e da ciência — em que textos científicos e de divulgação da nova ciência fossem escritos e difundidos na "língua natural e própria", o português. Com isso, dizia ele, "chegará a todos a utilidade e o desejo de saber" e, "em lugar de estar uma Filosofia inútil e falsa nas mãos e vã soberba de poucos, sem utilidade ou serventia alguma, poderão os doutos e os vulgares trabalhar na verdadeira e serem Filósofos todos em benefício e aumento da República".

Como outros portugueses exilados na Inglaterra, França, Holanda, Rússia e Itália entre os séculos XVI e XVIII por obra e graça da implacabilidade do Santo Ofício em Portugal e da ausência, ali, de condições para o florescimento das ciências, Sarmiento foi contribuir, no estrangeiro, para a aceitação e o uso dos métodos experimentais nos estudos da natureza ligados à medicina.

Ildeu de Castro Moreira e Lenice Reis de Oliveira
Instituto de Física,
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Londres, Junho 19--10, 1731.

PROPOZICOENS
Para IMPRIMIR,
A S
Obras Philosophicas
D E
FRANCISCO BACONIO,
Baram de *Verulam*, Visconde de *St. Albans*,
& *LORD GRAN CHANCELLER de Inglaterra*,
Digestas, & reduzidas todas à *Lingua Ingleza*
de seus **ORIGINAES.**

Com NOTAS Occasionaes, para explicação do que he obscuro;
& *Plen-ditas*, athe donde se tem polto em execucao athe o
presente Tempo, os **PLANOS do AUTOR**, para o Augmento da
PHILOSOPHIA, SCIENCIAS, & ARTES.

Em TRES VOLUMES, Quarto.

Por **PEDRO SHAW**, M. D.

E Traduzidas na *Lingua Portuguesa*, a o mesmo tempo que
vão para a *Elampá*.

Por **JACOB de CASTRO**
SARMENTO, M. D.

Medico Lusitano, Membro do Real Collegio dos Medicos de *Londres*,
& Socio da Real Sociedade de *Inglaterra*.

landa, e pelos países de língua hispânica. Foi-nos possível, entretanto, detectar a presença de volumes esparsos da obra em algumas bibliotecas do Brasil colonial. Entre elas, a de Manoel Ignácio Silva Alvarenga (1749-1814), o poeta arcádico que foi também fundador da Sociedade Literária do Rio de Janeiro, de fato uma das primeiras academias científicas do Brasil. Isto demonstra que, apesar de toda a repressão e controle aqui exercidos pelas censuras inquisitorial e régia, houve sempre meios, ainda que precários, de romper o bloqueio às novas idéias.

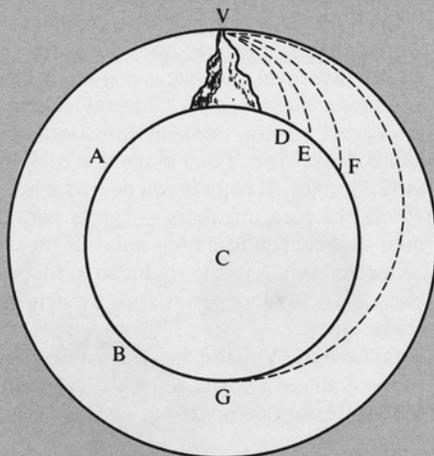
A ciência newtoniana não tardou a ser tomada como paradigma por outros setores do conhecimento. Era possível que a natureza humana e a sociedade estivessem igualmente sujeitas a leis, que cumpria descobrir. O panorama que a sociedade da época oferecia — conflito e desordem, privilégios e opressão, instituições caducas e iniquidade social — talvez pudesse ser modificado quando se conhecessem as leis que, à semelhança das leis da natureza, regulavam a comunidade dos homens. E o caminho para esse conhecimento parecia ter sido indicado por Newton.

No século XVIII, matemáticos e naturalistas, teólogos e filósofos, seja na Inglaterra, na França ou na Alemanha, explorariam as idéias de Newton até as últimas conseqüências. Por cem anos, quase toda a filosofia foi uma tentativa de analisar, criticar, contestar ou generalizar o pensamento newtoniano, processo que se inaugurou com a obra do filósofo inglês John Locke (1632-1704) e veio a culminar com a do alemão Emmanuel Kant (1724-1804).

Nem a teoria política ficou imune à ciência newtoniana. A concepção setecentista de uma sociedade em funcionamento regular foi considerada análoga à do sistema solar, que operava mecanicamente, e essa analogia iria se refletir no sistema de “pesos e contrapesos” presente na Constituição dos Estados Unidos. O objetivo era assegurar à jovem sociedade americana a mesma estabilidade que Newton descobrira no domínio planetário.

O prestígio da ciência newtoniana no século XVIII por vezes atingiu o ridículo, tal o zelo de alguns de seus seguidores. Houve, por exemplo, quem negasse a existência de meteoros, a despeito das evidências acumuladas desde a mais remota Antigüidade. O argumento era que a queda caótica de pedras e massas de ferro “do céu”

era incompatível com a ordem cósmica descoberta por Newton. Nesse caso, a “evidência” se encarregou de resolver a questão: em 1803, caiu uma “chuva” de meteoritos nas proximidades de Laigle, na França, fenômeno constatado pelo renomado Jean Baptiste Biot, membro da Academia de Ciências de Paris. A douta instituição não pôde senão admitir que meteoros... existem.



A figura mostra, numa versão não técnica de *Sistema do Mundo*, como um projétil pode se transformar em satélite artificial da Terra conforme a velocidade inicial do lançamento.

Segundo o filósofo da ciência Stephen Toulmin, o significado da física newtoniana se prende à amplitude da escala em que Newton aplicou seu raciocínio (que, do ponto de vista estritamente lógico, nada teria de excepcional) e à magistral formulação matemática que deu às suas idéias. Newton aplicou a fenômenos corriqueiros princípios de mecânica já antecipados por Galileu e Descartes. Com esses princípios e a idéia de gravitação — entrevista por Hooke, Borelli, Kepler e Copérnico — transformada em generalização matemática rigorosa, pôde construir um esquema absolutamente novo para o sistema planetário. Copérnico reclamara princípios físicos que justificassem a astronomia matemática que ele próprio revolucionara. A física de Newton veio atender a essa aspiração e consumir a revolução copernicana.

O que havia de revolucionário na ciência newtoniana não eram os pormenores — como a explicação satisfatória das marés, do movimento dos cometas e planetas ou da precessão dos equinócios, resultados de escasso valor prático — era sua concepção global, a integração conceitual, num esquema único, de idéias que outros já haviam vislumbrado. Partindo de princípios relativamente simples e aplicando-os de modo sistemático a vasta gama de fenômenos, Newton conseguiu formular velhos problemas sob uma luz nova, solucionando difi-

culdades antigas e abrindo novos campos de investigação.

Talvez o maior crédito a que Newton faz jus é o de ter criado uma visão de universo que foi o primeiro esboço do que é o quadro em que hoje se realiza a ciência. Seus problemas são ainda os nossos, e as respostas que ofereceu foram os pontos de partida para a compreensão atual do mundo físico. Não obstante todas as mudanças sobrevindas na física desde a publicação dos *Princípios*, podemos afirmar, com S. Toulmin, que a linguagem que Newton fala é a nossa própria linguagem. As obras de Aristóteles, Copérnico, Kepler ou Galileu só nos são acessíveis mediante um trabalho de reconstrução intelectual realizado numa atitude de simpatia. Quanto a Newton, ainda que sua linguagem contenha, inevitavelmente, expressões hoje arcaicas, os conceitos fundamentais que introduziu estão, ao contrário, incorporados ao senso comum do nosso tempo.

Embora quase nada tenha produzido de novo após 1687, dedicado à revisão de suas obras e a infindáveis estudos bíblicos e esotéricos, além do desempenho de funções públicas, Newton foi um raro caso de pensador que desfrutou em vida a glória granjeada por suas idéias. De fato, a partir de 1696, passou a acumular honrarias. Foi por duas vezes eleito representante da Universidade de Cambridge no Parlamento inglês, como reconhecimento por ter sido um dos líderes da resistência daquela universidade à tentativa do rei Jaime de torná-la católica. Em 1696, foi nomeado para um cargo de direção na Casa da Moeda. Por alguns anos foi diretor dessa instituição e, segundo seus biógrafos, longe de encarar o cargo como uma sinecura, tornou-se o terror dos falsários. Em 1703, foi eleito presidente da Sociedade Real, cargo a que foi reconduzido consecutivamente até sua morte, em 1727. Em 1705, recebeu da rainha Ana o título de *sir*, honraria pela primeira vez concedida a um cientista. Coube-lhe ainda uma sepultura do Panteão Britânico, na abadia de Westminster.

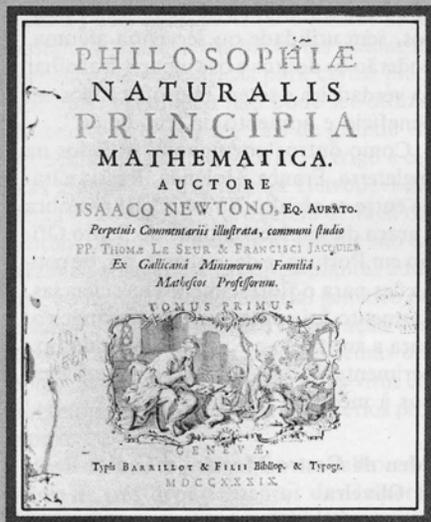
Parece-nos que nada seria melhor, como fecho para esta evocação, que o verso final de Halley, em sua “Ode a Newton”:

“Nenhum mortal pode estar mais próximo dos deuses.”



SUGESTÕES PARA LEITURA

- GILLISPIE C.C., *The edge of objectivity*. Princeton, Princeton University Press, 1961.
- TOULMIN S., *The fabric of the heavens*. Londres, Hutchinson & Co., 1961.
- WESTPHAL R.S., *The construction of modern science: mechanism and mechanics*. Cambridge, Cambridge University Press, 1977.
- DUGAS R., *La mécanique au XVII siècle*. Neuchâtel, Éditions du Griffon, 1954.



Fac-símile da folha de rosto da terceira edição dos *Princípios* (1739).

A plataforma da Petrobrás:

Para a Petrobrás, a indústria e o meio ambiente podem e devem conviver em harmonia.

Para manter essa paz, a Petrobrás investe no meio ambiente com o mesmo entusiasmo com que investe na produção de petróleo e derivados.

É importante saber produzir.

É importante saber que essa produção só tem sentido quando preserva os bens da natureza.

*Vida.
Nossa maior
plataforma.*



PETROBRÁS



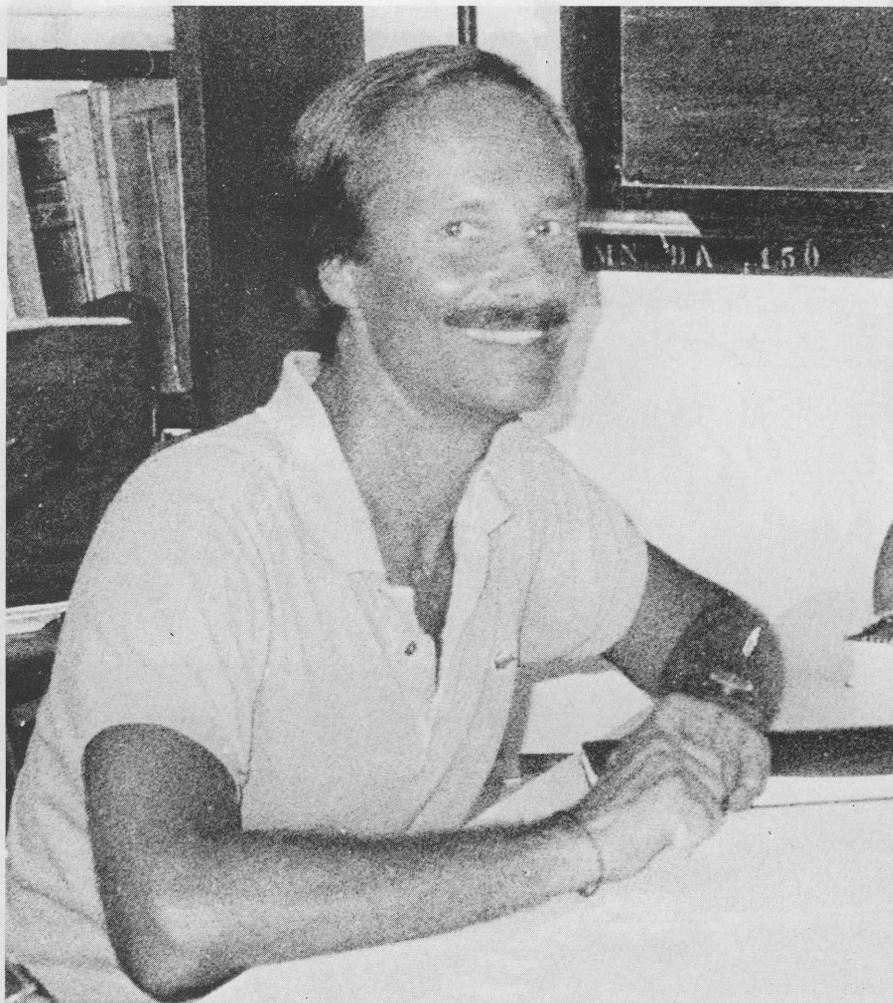


foto cedida pelo Museu Nacional

Michael Pollak

AIDS como fato social

Nascido em Viena em 1948, Michael Pollak formou-se ali em sociologia. Hoje radicado na França, trabalha como pesquisador do Centro Nacional de Pesquisas Científicas (CNRS). Seu interesse acadêmico, voltado de início para as relações entre política e ciências sociais — tema de sua tese de doutorado, orientada por Pierre Bourdieu e defendida em 1975 na École Pratique des Hautes Études —, estende-se hoje a diversos outros campos de pesquisa, que confluem para uma reflexão teórica sobre o problema da identidade social em situações limites.

Entre seus últimos trabalhos, incluem-se um estudo sobre sobreviventes dos campos de concentração e uma pesquisa, ora em curso, sobre a AIDS. Foi este o tema da entrevista que concedeu a Alzira Alves de Abreu e Aspásia Camargo, do Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (Cpdoc), da Fundação Getúlio Vargas, durante sua estada no Brasil. Michael Pollak esteve entre nós entre outubro e dezembro de 1987, como professor visitante do Cpdoc e do Departamento de Antropologia do Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

— *Em sua pesquisa sobre a AIDS, você trabalha com a sociologia da medicina?*

— Indiretamente. Estou mais preocupado com uma sociologia das reações possíveis diante de um risco biológico. Sem dúvida, dentro deste campo temático, a relação com a medicina é um problema extremamente importante, porque a capacidade que tem um indivíduo ou grupo social, em função de sua posição, de obter informações sobre a ciência médica determina sua visão racional do risco. Mas o que mais me interessa são as representações que a medicina é capaz de suscitar numa situação de crise em termos de esperança. Ao menos nas sociedades europeias, a medicina se apresenta como a única fonte de esperança diante do risco da AIDS, e isto a despeito do fato de as conquistas anunciadas se terem revelado prematuras ou mais ambiciosas do que aquilo que de fato se conseguiu realizar até agora.

O que me interessa, portanto, é justamente isto: como uma ciência pode se apresentar como todo-poderosa e manter sua credibilidade a despeito não dos fracassos, mas das esperanças frustradas. É aí, eu creio, que se pode ver realmente confirmada a tese da ciência como fonte de legitimidade cada vez mais exclusiva numa sociedade tecnológica moderna.

— *Você poderia nos descrever sua pesquisa?*

— Primeiro, vejamos as motivações que me levaram a escolher este tema. Penso que a AIDS é um caso extremamente interessante de construção de um fato social e, ao mesmo tempo, de um fato científico. De uma maneira muito rápida, ou seja, com um número muito reduzido de casos nos Estados Unidos, a epidemiologia construiu solidamente o conceito de “grupo de risco”, abrangendo de início os homossexuais, depois os toxicômanos e ainda os haitianos e os negros. Pouco depois, estes últimos foram excluídos da lista.

Evidentemente, este fato nos desafia, porque sabemos muito bem, enquanto sociólogos, o quanto é complicado falar de um conjunto de indivíduos em termos de grupo. O que me interessou, portanto, foi a inter-relação entre aquilo que a epidemiologia havia construído como grupo de risco e aqueles que se consideravam homossexuais ou toxicômanos. A pergunta que fiz foi: será que aqueles que se consideram homossexuais ou toxicômanos se identificam com essa construção científica? A interação entre construção científica e autopercepção não interferirá na capacidade de adaptação a um risco biológico? Este foi o meu ponto de partida.

Ao iniciar a pesquisa, procurei verificar como o discurso médico era recebido no seio dos chamados grupos de risco na França, e como se desenvolvia o jogo entre esse discurso e a adaptação ao risco dentro desses grupos. Para fazê-lo, escolhi uma metodologia diversificada. A partir de 1985, apliquei questionários anuais a cerca de mil indivíduos, o que foi facilitado pela existência de uma revista homossexual de ampla circulação em todo o território francês. Combinei este levantamento quantitativo com um outro, mais qualitativo, que consistiu em entrevistar indivíduos que se consideravam ou não sob risco, outros que se sabiam portadores do vírus e, finalmente, indivíduos doentes. Meu objetivo era reconstituir a vivência da doença e os problemas enfrentados e confrontar as rejeições sociais efetivamente encontradas com o discurso social sobre a rejeição, automaticamente induzido por uma doença estigmatizante como a AIDS.

Minha pesquisa teve início em 1985, num momento em que a AIDS começava a ser percebida na França como um tema real. Até então, o discurso da imprensa referia-se a uma doença lon-

güinqüa, americana e africana, uma doença de minorias, que não nos dizia respeito. A partir de 1985, porém, o fato científico já estava suficientemente conhecido — após a descoberta do vírus, em 1983, generalizaram-se os testes de detecção —, para que se pudesse esperar uma mudança na percepção da doença e no comportamento diante dela. Propus então minha pesquisa ao Ministério da Saúde, tendo em mente que os estudos sociológicos poderiam ter um interesse tão grande quanto os epidemiológicos para a elaboração de uma política de informação ao público.

— *Em que medida essa amostra com que você vem trabalhando é representativa?*

— O problema da representatividade nesse campo é praticamente insolúvel. Primeiro, porque o que a epidemiologia construiu como grupos de risco são grupos que são desconhecidos: não se sabe onde começa nem onde acaba a população homossexual ou toxicômana. Portanto, se não existe uma população definida *a priori*, não há possibilidade de se obter uma amostra representativa. Por outro lado, na medida em que venho trabalhando com um número elevado e diversificado de indivíduos — mais de mil pessoas entre operários, profissionais de nível superior etc — pude submeter suas respostas a um tratamento estatístico que me permitiu discriminar alguns pólos de reação possíveis. E eu diria mais: como pergunto em meus questionários se as pessoas fizeram o teste da AIDS, e qual o resultado obtido, tenho condições de fornecer indicações de uma precisão igual àquela alcançada pelos epidemiólogos através das extrapolações de seus conhecimentos sobre a soro-positividade nos diferentes grupos da população. Ou seja, os métodos indiretos, como os sociológicos, podem ser extremamente úteis para completar a geografia social da doença, além de fornecerem indicações sobre a reação a ela, coisa que a epidemiologia não faz.

— *Quais são os grupos mais atingidos pela doença na França?*

— A situação epidemiológica na França é bastante semelhante à dos demais países europeus e norte-americanos. Em números absolutos, a França é hoje o país europeu mais atingido, com cerca de dois mil casos e um ritmo de propagação que duplica o número de doentes a intervalos de 11 meses. Do total atual, 70% são homossexuais — ou seja, casos em que a transmissão se fez por via sexual — e entre 10 e 15% são toxicômanos, casos estes mais concentrados no sul do país. O restante se distribui entre casos não classificados e casos de transmissão por transfusão de sangue. Em princípio, estes últimos não se reproduzem mais desde 1985, quando foi introduzido na França o controle sobre a doação de sangue. Hoje a situação está relativamente bem controlada, mas, antes de 1985, 50% dos hemofílicos franceses foram contaminados. A partir disto, pode-se imaginar a situação dos países onde não se exerce nenhum tipo de controle sobre os bancos de sangue.

— *Como no Brasil, por exemplo. Pelo que você nos contou de sua pesquisa, seu interesse está voltado sobretudo para a reação dos homossexuais à AIDS. Por que o interesse por esse grupo?*

— Por duas razões. Em primeiro lugar, como a AIDS se difunde através de agentes propagadores e de redes de propagação, e como a difusão teve início entre os homossexuais, podemos supor que as reações em seu meio sejam mais rapidamente registráveis e visíveis que em outras parcelas da população. Minha hipótese é que os mecanismos de reação, psicológicos e so-

ciais, observáveis relativamente cedo na população homossexual, poderiam ser extensivos à situação que se estabelecerá em caso de transmissão generalizada. Interesse-me pelos homossexuais, portanto, não porque são homossexuais, mas porque aquilo que se pode observar entre eles permite uma certa extrapolação, permite imaginar o que pode acontecer na sociedade em geral. E tenho a esperança, também, de que com essas informações se possam infletir as políticas de informação e agir mais rapidamente.

A segunda razão de meu interesse é que os homossexuais são empiricamente observáveis — aqui também se trata de questão de método. Se eu tivesse me interessado pela população francesa como um todo, teria registrado até agora reações de tal forma infinitesimais que dificilmente teria algo a declarar.

— *O fato de os homossexuais terem sido considerados como grupo de risco tende a estigmatizá-los ainda mais. O que você observou a esse respeito?*

— Constatamos uma situação que, desde o início, foi extremamente ambivalente e continua a sê-lo. Num primeiro período, quando o vírus ainda não havia sido identificado e não se sabia nem que a AIDS era uma doença transmitida por vírus, a situação predominante foi a seguinte: o fato de os homossexuais terem sido estereotipados como grupo de risco produziu de sua parte uma rejeição ao discurso médico e, ao mesmo tempo, um medo crescente de uma estigmatização social suplementar. Esse sentimento permaneceu, mesmo depois que o discurso médico identificou o risco com maior precisão e forneceu os meios de conhecimento necessários para a gestão desse risco e a adaptação a ele. Por outro lado, a partir desse momento, ou seja, 1985-86, teve início uma diferenciação das reações, ligada à relação com a sexualidade — ou com a homossexualidade —, e também a fatores sociológicos mais clássicos, como o nível de educação, a situação de classe, o *status* sócio-profissional, a faixa etária etc.

No que concerne ao fator “relação com a homossexualidade”, pudemos constatar em nossa pesquisa que uma homossexualidade vivida como situação de estigma social entravava a capacidade de adaptação racional ao risco e de mudança de comportamento. Entre os homossexuais que se sentiam estigmatizados enquanto tais, a reação era orientada pela percepção do risco como um risco social, não como um risco médico. Resultado: fraca adaptação e, ao mesmo tempo, grande medo social. Por outro lado, nas classes médias superiores, onde o sentimento do estigma era menor e a homossexualidade mais bem aceita, pude observar as primeiras adaptações racionais ao risco, ou seja, a aceitação do uso do preservativo. De fato, os últimos questionários que distribuimos em 1987 revelam que os homossexuais das classes médias superiores se colocaram praticamente ao abrigo do risco — desde que se admita, evidentemente, que o uso de preservativo o exclui.

— *Diante desse quadro, você considera que a estigmatização trazida pela AIDS tende a crescer ou a diminuir?*

— Ela tende a crescer de maneira diferenciada. Até o momento, nas situações de estigmatização (no sentido forte do termo) que encontramos, ou seja, situações em que a doença se instala e a angústia é particularmente grande, observamos que em geral a reação do meio tem sido mais positiva do que se poderia esperar ou que a hipótese de rejeição social levaria a crer. Por outro lado, observamos também que a possibilidade do estigma leva quase todas as pessoas a se fecharem, a não falarem na doença,

o que acarreta problemas graves, pois elas se impedem de mobilizar qualquer tipo de apoio a seu redor. Constatamos, por exemplo, que mais da metade da população soro-positiva que se faz acompanhar nos hospitais parisienses jamais conversou com alguém sobre sua situação médica. Essas pessoas vivem esse fato novo numa solidão extrema, que só é rompida quando começam a aparecer doenças oportunistas e passa a haver necessidade de internações. Nesse momento, dois terços falam sobre a doença com alguém. Um terço persiste num mutismo total.

A situação, portanto, é muito difícil: de um lado, a rejeição social existe, embora até agora se tenha revelado menor do que se poderia supor; de outro, por antecipação da rejeição, as pessoas se isolam. E essa angústia de rejeição é na verdade a angústia de um duplo estigma: a descoberta da doença revelaria, ao mesmo tempo, ou a homossexualidade ou a toxicomania, ou ao menos levantaria suspeitas. E é preciso não esquecer que hoje a maioria das pessoas atingidas pertence às classes médias superiores, onde, como disse, a estigmatização da homossexualidade — e mesmo de uma certa toxicomania — é menor. Portanto, podemos supor que, se a doença se estender socialmente para além dessas classes, a antecipação da estigmatização será um problema ainda mais grave.

— *O medo da AIDS é hoje um sentimento partilhado não só pelos chamados grupos de risco, mas por todo mundo. A seu ver, qual é o nível de racionalidade desse medo diante das possibilidades atuais de controle do risco?*

— O medo da AIDS tem na verdade duas dimensões. Uma é a do medo propriamente médico, o medo de um risco de saúde, enquanto a outra é a de um medo muito mais social, que funciona por projeção. Ou seja, projetam-se na AIDS outras situações sociais. Constatamos, por exemplo, que o medo é maior, de um lado, entre as pessoas que, em função de sua conduta passada ou presente, sabem estar particularmente expostas ao risco — e nesse caso trata-se de um medo razoável e racional —, e, de outro lado, entre pessoas que objetivamente estariam muito pouco ou nada expostas ao risco, como pessoas idosas, sem vida sexual ativa. Diante disso, perguntamos: de onde vêm essas projeções sobre o medo da AIDS? Pudemos constatar que toda situação de fragilidade social, como a velhice e o desemprego, aumenta em muito esse medo.

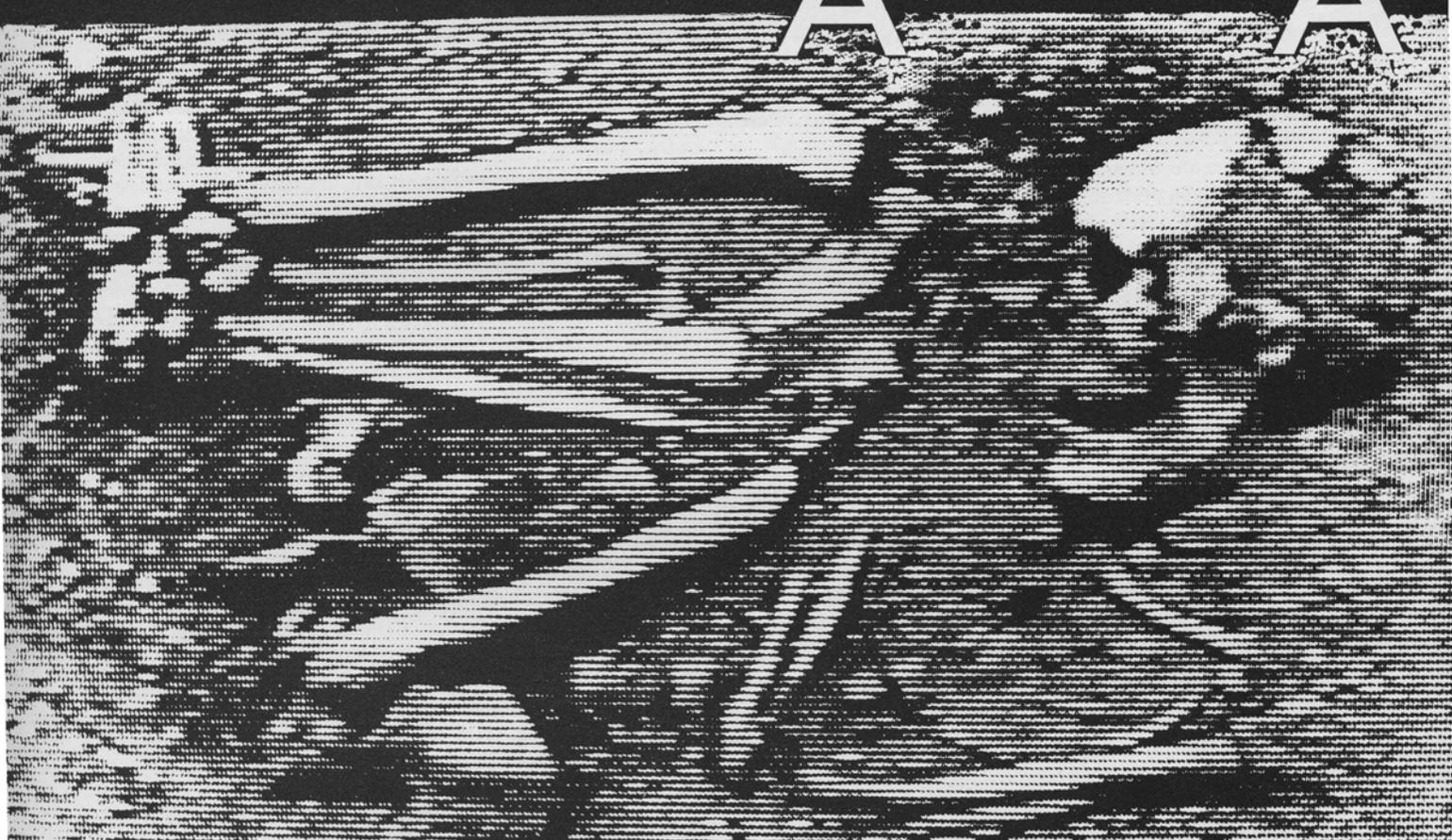
Pensando em termos de classes sociais, se entre as classes médias superiores o medo é relativamente racional e induz uma adaptação rápida ao risco, no extremo oposto, entre as classes populares, que têm menos informações sobre a doença e menos acesso aos sistemas de saúde, existe um medo muito mais projetivo. E é justamente nessas camadas, entre certas frações das classes populares, que vemos surgirem demandas de intervenção estatal. Nesses meios — e isso é muito interessante —, como a percepção de que se pode estar individualmente protegido contra o risco é muito pouco desenvolvida, aumenta o apelo à intervenção repressiva do Estado para garantir a proteção contra a doença.

— *A propagação da AIDS entre as classes populares traria portanto problemas mais sérios que os enfrentados até hoje...*

— Sem dúvida. O primeiro grupo a ser atingido foi o que tinha todos os elementos para se prevenir contra o risco, e efetivamente se adaptou a ele com rapidez. Ora, nos próximos anos, devemos esperar uma mudança nas situações francesas e européias que fará da AIDS um fenômeno próprio das classes populares, já que, como sabemos, uma vez introduzido numa rede de tro-



SEMINÁRIO INTERNACIONAL ORIGENS ADAPTAÇÕES E DIVERSIDADE BIOLÓGICA DO HOMEM NATIVO DA AMAZÔNIA



24 A 27 DE MAIO 1988 BELEM PARA

Mais de 30 cientistas e profissionais de 5 países avaliando a atual situação dos conhecimentos sobre a evolução biocultural das populações nativas da Amazônia e definindo as prioridades de pesquisa e capacitação nas áreas de Bioantropologia, Antropologia Ecológica e Arqueologia.



MCT/CNPq
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

PROMOÇÃO
PROGRAMA DE BIOLOGIA HUMANA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS

INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES

PROGRAMA DE BIOLOGIA HUMANA • MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

C.P. 209, 66000 BELÉM PARÁ • FONE (001) 228 1811

cas sexuais, o vírus circula rapidamente. Como nas classes populares as precauções ainda não são tomadas de maneira adequada, nossa visão nesse ponto é bastante pessimista.

— *O discurso científico, de início, difundiu a idéia de que a AIDS era provocada por certo tipo de relação sexual, ou seja, o coito anal. Esse discurso atualmente foi abandonado.*

— Sim, mas de qualquer modo subsiste o fato de que a AIDS é uma doença sexualmente transmissível. Ocorreu realmente uma mudança muito importante no discurso médico que é hoje dominante na França: a AIDS é uma doença transmissível por todo ato sexual em que haja troca de esperma ou de sangue. Portanto, qualquer relação, hetero ou homossexual, entre uma pessoa portadora do vírus e uma não portadora, pode constituir uma situação eventual de transmissão.

— *Se o doente é a parte fraca desse jogo, ele é também muito poderoso, na medida em que pode transmitir o vírus de que é portador. Isso provoca um medo generalizado de que, em situação de desespero, as pessoas possam contaminar outras deliberadamente...*

— Efetivamente, as entrevistas com doentes revelam que o sentimento de solidão pode se combinar a um sentimento de poder eventual sobre os outros. No entanto, só muito raramente esse sentimento é posto em prática. Tanto nas entrevistas como nos questionários, constatamos que o simples fato de se saber soropositivo constitui um choque traumatizante, que se traduz quase sempre por longo período de total abstinência sexual. Mesmo que os médicos digam que elas são possíveis, desde que se tomem precauções, as relações sexuais das pessoas soropositivas e, mais ainda, doentes são muito restritas, quase sempre com o abandono de qualquer prática de penetração.

Insisto em dizer que é um erro considerar os doentes ou os portadores do vírus um risco para os outros. São pessoas que precisam de compaixão, que precisam romper o silêncio e o isolamento em que vivem. É um erro vê-los apenas sob o ângulo do perigo para os outros.

— *Qual tem sido o papel dos meios de comunicação franceses na criação e difusão de uma ideologia diante da AIDS?*

— Como disse, até 1984, na França, a AIDS era uma doença estrangeira e essencialmente homossexual. Entre 1984 e 1986, a doença tornou-se francesa sob dois aspectos: em primeiro lugar, porque atingiu os franceses, mas sobretudo porque, concorrendo com os Estados Unidos no campo da pesquisa e sendo o país que descobriu o vírus, a França tornou-se particularmente interessada na doença e na busca de eventuais tratamentos ou vacinas. Ao mesmo tempo, entre 1984 e 1985, o discurso da mídia, de pouco interessado ou apenas curioso, transformou-se num discurso cada vez mais preocupado com a prevenção, considerada o único meio de se sustar a propagação da AIDS tanto entre os grupos mais expostos ao risco como entre a população em geral. Teve então início um discurso sobre o uso de preservativos, o uso de seringas individuais pelos toxicômanos, discurso esse forjado pelos especialistas e pelos médicos. Ou seja: os pesquisadores e médicos envolvidos no tratamento da AIDS tomaram a palavra e passaram a dar entrevistas, ocorrendo assim uma forte medicalização do discurso da imprensa.

Há cerca de um ano, outras forças sociais começaram a se interessar pelo tema. Quais seriam elas? Em primeiro lugar aquelas que, por razões morais ou éticas, se opõem a um discurso

médico que pregue a prevenção por meios técnicos, como os preservativos. Em setembro deste ano, por exemplo, a Igreja católica interveio para chamar todos os fiéis à obrigação da compaixão para com os doentes, mas ao mesmo tempo lembrou que a difusão dos preservativos e das práticas que reduzem o risco corresponderia à proliferação do amor livre, constituindo um obstáculo à moral sexual cristã. Por outro lado, o discurso médico predominante, de responsabilização individual, vem esbarrando também num discurso político que é oriundo da direita, mas que encontra ecos fora desse reduto. Trata-se de um discurso muito mais intervencionista, que prega, por exemplo, testes sistemáticos em toda a população, o controle dos soropositivos e dos doentes, bem como sobre a entrada de estrangeiros na França, proibindo-se o ingresso de portadores do vírus. Esse discurso enfrenta atualmente uma rejeição política na França, o que não quer dizer que a situação não pode se alterar. A meu ver, tudo está em aberto.

— *Do ponto de vista da informação do público sobre a doença, pode-se considerar que o discurso da mídia tem sido eficaz?*

— Tomando os homossexuais como população-testemunha, podemos afirmar que, desde 1985, o grau de informação sobre a doença é extraordinariamente alto, inclusive entre as classes populares. Nossos questionários revelam que entre 80 e 90% dos entrevistados estão bem informados, o mesmo acontecendo com outros tipos de sondagem. Resta, no entanto, um problema que é bastante conhecido dos historiadores das epidemias: a crença popular de que as vias de transmissão são mais numerosas que as apontadas pela ciência médica. Acredita-se na transmissão pela saliva, através do contato cotidiano, ou seja, em situações que não implicam troca de esperma ou de sangue. Este é o maior problema. As pessoas sempre desconfiaram da opinião dos especialistas, tanto nos séculos XV e XVI como hoje. E essa desconfiança constitui um fator ansiogênico, sobre o qual podem ser projetados outros medos.

— *A AIDS poderia ser comparada a outras doenças segregadoras, como a sífilis, o cólera, que surgem em momentos de transformação social, econômica e moral?*

— Se tomarmos a história das grandes epidemias, que mostra que alguns vírus existentes há muito tempo tornaram-se virulentos em situações de fragilização da população, ligadas a mudanças particularmente rápidas e profundas, podemos de fato pensar que a difusão da AIDS corresponde a um momento de mudanças concentradas e rápidas — mudanças na sexualidade, com um aumento das trocas sexuais ligado à revolução sexual. Isto não é absolutamente impossível, mas evidentemente não podemos tirar daí conclusões morais, porque tudo o que foi conhecido *a posteriori* não era conhecido *a priori*. Ou seja, não se esperava o vírus, e seria muito fácil hoje fazer julgamentos morais sobre essas mudanças.

— *A seu ver, quais serão os efeitos da AIDS sobre a revolução sexual? Ela poderá voltar atrás?*

— Em primeiro lugar, as coisas sempre voltam atrás transformadas, nunca se volta ao mesmo ponto de partida. Mas há aí duas coisas a destacar. Creio que, enquanto sociólogos, devemos admitir que os discursos sobre a liberação sexual não reconheceram suficientemente que essa liberação foi diferenciada, ou seja, atingiu primeiro as classes médias, sendo até hoje nitidamente menos acompanhada em outras classes sociais. A meu ver, os efeitos da AIDS serão igualmente diferenciados.

Em nossa pesquisa junto aos homossexuais, pudemos constatar *grosso modo* três tipos de reação provocados pela AIDS: a primeira foi a adaptação através do preservativo, que certamente manterá todas as conquistas da liberação sexual. Ou seja, assistimos aí ao aparecimento de novas formas de sexualidade de grupo em que são introduzidas práticas preventivas, algo que desde o início esteve ligado à própria liberação sexual. Por outro lado, assistimos também — como segunda reação — a uma volta atrás no sentido de um isolamento, de uma angústia da sexualidade mediatizada pelo risco. Esses dois tipos de reação nos levam, aliás, a reintroduzir um elemento histórico no discurso sobre a liberação sexual. Esse discurso sempre enfatizou as técnicas contraceptivas como uma das principais razões da liberação, mas eu pergunto se o advento da penicilina, e o fim do risco da sífilis, ou seja, a possibilidade da não-doença, não terá sido uma razão anterior e igualmente importante.

Finalmente, a terceira reação que observamos entre os homossexuais são demandas muito fortes de reconhecimento do casal, com a possibilidade de adoção de crianças etc. Tais demandas, apresentadas por grupos definidos como sexualmente minoritários, são *a priori* conservadoras, mas socialmente, frente às morais dominantes, são tão difíceis de satisfazer como o eram, há 20 anos, as demandas de maior liberdade para o ato sexual.

— *E quanto à reação dos jovens heterossexuais?*

— Quanto aos jovens, o que constatamos na França é que está ocorrendo uma adaptação ao risco algo mais lenta, mas ainda assim mais rápida que entre os grupos mais velhos. E constatamos também outras coisas interessantes. A difusão das precauções entre os jovens se faz da mesma maneira que uma moda. A relação que estabelecem com o objeto preservativo é a mesma que têm, por exemplo, com o *walk-man*. As sondagens realizadas revelam que a maioria possui camisinhas, o que não quer dizer obrigatoriamente que sejam utilizadas.

Penso também que, com ou sem AIDS, a geração que hoje tem por volta de 40 anos foi a que promoveu a liberação sexual e, por esse ato de ruptura com os costumes, passou a ter com a sexualidade uma relação bastante obsessiva. Ora, para os jovens entre 16 e 25 anos, a liberdade já está muito mais adquirida. Ao mesmo tempo em que eles próprios fazem escolhas de vida mais conservadoras, através da volta ao casal e à estabilidade, demonstram também uma tolerância maior em relação a opções diferentes, em relação à homossexualidade e ao casal homossexual. A meu ver, trata-se aí de uma evolução e não de uma volta atrás simples e direta.

— *Voltando à história das epidemias, é possível comparar o aparecimento da AIDS ao de outras doenças em diferentes momentos históricos?*

— Sim. Se a situação atual lembra sob esse aspecto as teorias históricas sobre as grandes epidemias, é interessante notar que os historiadores do tema elaboraram modelos que, a meu ver, vão ainda mais longe. Delumeau, por exemplo, construiu um modelo em duas fases: a primeira seria a da desdramatização, que corresponderia, no caso da AIDS, à situação que vivemos até hoje, marcada pela insistência na capacidade de responsabilização individual no controle da doença. Segundo Delumeau, porém, a partir do momento em que a situação se torna quantitativamente mais significativa, as crenças em outras vias de transmissão sobrepujam o discurso médico, iniciando-se então, efetivamente, uma fase de segregação dos doentes. Penso que, hoje,

o que poderia evitar a reprodução dessa segunda fase seria a crença no discurso médico. Considero essa hipótese a mais viável, já que, nas sociedades modernas, as esperanças estão investidas na ciência. Mas aqui também a questão permanece em aberto.

— *A despeito da hegemonia do discurso médico de responsabilização individual, haveria atualmente uma tendência à aceitação do discurso da direita?*

As sondagens revelam que há uma certa crença nas medidas repressivas e também na existência de vias de contaminação suplementares àquelas apontadas pelos especialistas. Sem dúvida, está se instalando um jogo de forças que, a meu ver, não está definido. Eu diria, por exemplo, que o discurso liberal começa a ser menosprezado pelos políticos. No último congresso internacional sobre a AIDS, em Washington, o fato de vários milhares de congressistas terem vaiado o vice-presidente George Bush quando este fez o discurso de abertura, anunciando certo número de medidas restritivas à imigração, que o governo americano pretendia tomar, não impediu que essas medidas fossem tomadas. O mesmo aconteceu na Baviera, onde foi editado certo número de leis relativas ao controle dos portadores do vírus e à possibilidade de se colocar em quarentena os doentes de comportamento irresponsável. Essa legislação foi aprovada contra a opinião dos especialistas e contra as recomendações da Organização Mundial de Saúde.

— *É preciso não esquecer que o controle sobre os aidéticos nas fronteiras serve também a outros tipos de discriminação...*

— Sim. A Bélgica foi o primeiro país da Europa ocidental a introduzir o controle de fronteiras. Como que por acaso, ele não foi rigoroso para os oriundos da Comunidade Econômica Europeia, mas foi muito rígido para os africanos. Verifica-se que há sempre outros fatores — no caso, um certo racismo — que se projetam sobre algo apresentado como medida técnica.

Na verdade, em termos de probabilidade de difusão da AIDS, o lógico seria que os primeiros a serem controlados fossem os norte-americanos. No entanto, o que acontece é exatamente o inverso. Os primeiros a tomarem medidas contra os africanos foram os próprios Estados Unidos, que são, estatisticamente, os mais atingidos. É preciso dizer também que entre os países mais diretivos na adoção de medidas restritivas incluem-se os países socialistas do leste europeu. Aí, como na União Soviética, já se instaurou também o controle dos doentes.

— *Se existe hoje um medo difuso da AIDS, que atinge até pessoas pouco expostas ao risco, se existe uma crença em vias suplementares de contaminação, e se existe certa receptividade entre as classes populares ao discurso da direita, podemos supor que, no caso de uma depressão econômica grave, tudo poderia se ligar, e a AIDS poderia ser utilizada para justificar medidas antiliberais, de controle totalitário sobre as populações.*

— Sou um sociólogo, de modo que tendo a me ater ao material que possuo. O que posso dizer é que de fato um certo número de forças está se colocando em jogo. Essas forças são observáveis, e as controvérsias e conflitos começam a se manifestar de maneira muito mais geral e mais política do que aconteceu até agora, enquanto predominou certo tipo de discurso de especialistas. Mas o importante é que, se há realmente o perigo de uma conjunção entre a questão da AIDS, de um lado, e a crise econômica e a questão da imigração, de outro, devemos ainda assim manter algum otimismo. Sabemos, pela história da medi-

cina, que, em relação a outras doenças, sobretudo as sexualmente transmissíveis, a força motriz das medidas administrativas mais repressivas sempre foi o corpo médico. Ora, hoje constatamos que o papel do corpo médico é exatamente o inverso do que foi diante da sífilis, por exemplo.

— *Por que a atitude do corpo médico mudou?*

— Na luta contra a sífilis, entre os anos 20 e 40, a maioria dos países não apenas impôs o cadastramento administrativo dos doentes, mas sobretudo exigiu que estes indicassem seus parceiros sexuais para que se pudesse localizá-los e submetê-los a controle ou tratamento, evitando assim que eventualmente se formassem em novos transmissores. Ora, o que se percebeu foi que essas medidas tiveram efeitos perversos, fazendo com que as pessoas contaminadas, em lugar de se submeter a tratamentos não muito eficazes, antes da descoberta da penicilina, recusassem qualquer tipo de controle social. Com isso criou-se uma zona de sombra que aumentou o risco ao invés de reduzi-lo.

Creio que foi a partir da experiência com esse gênero de dificuldade que a opinião dos especialistas tornou-se uma opinião liberal, favorável à responsabilização individual. Penso que houve aí uma mudança muito importante, e mesmo se ocorrer uma tentativa de exploração política, há razões que me fazem crer que a opinião dos especialistas permanecerá ligada a esta opção. E se o corpo médico mantiver esta posição — lembremos mais uma vez que se trata de um corpo poderoso —, assistiremos talvez à implantação de medidas restritivas à imigração etc, mas as infrações a uma postura liberal serão muito controladas. Sob este aspecto, portanto, não sou *a priori* um pessimista.

— *Você poderia nos falar sobre a situação da África?*

— Não fiz nenhuma pesquisa sobre isso, mas é sabido que a situação africana está no extremo oposto da situação européia e norte-americana, e eu a considero particularmente trágica. Há na África uma enorme dificuldade de se conceberem estratégias de informação e de educação do público, e isto por duas razões: primeiro, a própria situação dos países africanos está menos estudada que a dos países europeus e norte-americanos, em razão da falta de recursos. Evidentemente há antropólogos que trabalham com o tema e vêem no sistema familiar africano — que implica certa poligamia dos homens em relação às mulheres, ligada à dependência material destas — uma situação favorável à transmissão da doença. Muitas coisas nessa relação entre forma social e sexualidade são mal conhecidas, e torna-se difícil pôr em prática estratégias de informação que, além do mais, são caras.

A isto se acrescenta uma situação médica propriamente trágica. Sabendo o quanto pesam no orçamento medidas como o controle dos bancos de sangue ou a implantação de regras mínimas de higiene em hospitais e postos de saúde, como a obrigatoriedade do uso de seringas descartáveis, podemos imaginar a que ponto os países africanos estão despreparados para a luta contra a AIDS. Falando em termos de compaixão, são certamente eles os que exigiriam o máximo de solidariedade da comunidade internacional. Mas sabemos que seus pedidos de ajuda aos países desenvolvidos permanecem relativamente sem resposta.

— *Em lugar de ajudar, os países desenvolvidos acusam o Terceiro Mundo de responsável por essa nova peste, apontando a África como a origem da doença...*

— Eu não poderia me pronunciar sobre essas teorias. Creio que em todas as teorias sobre o modelo de expansão de uma doen-

ça há um certo número de informações factuais, combinadas porém quase sempre a interpretações abusivas. Não me parece estar absolutamente comprovada a origem do vírus. As pesquisas realizadas demonstram que ele existia há muito tempo, não só na África como nos Estados Unidos.

— *Está provado que nos Estados Unidos o vírus existe pelo menos desde 1959. Mas acredita-se na via haitiana.*

— Para mim, nenhuma dessas vias está suficientemente comprovada. Há sem dúvida uma conjunção de fatos mal definidos que fizeram com que o vírus se tornasse virulento. Mas a possibilidade de virulência de um vírus — falamos há pouco na história das epidemias — resulta sempre de relações históricas, que eu chamaria de relações “moles” e que, por isso mesmo, não podem ser objeto de teorias passíveis de serem utilizadas de maneira culpabilizadora em termos políticos. Portanto, a meu ver, não há uma via africana ou haitiana comprovada. Existe, comprovadamente, o início da virulência do vírus a partir do início dos anos 80. Aí começa uma história epidemiológica da transmissão que podemos e devemos levar a sério para podermos conceber estratégias de luta contra a doença.

— *Última pergunta: como você vê a evolução da AIDS nos próximos anos?*

— As perguntas sobre o futuro são as mais difíceis de responder. Primeiro, é preciso insistir no fato de que, a despeito das esperanças frustradas, raramente os avanços científicos foram rápidos como no caso da AIDS. Portanto, podemos afirmar com algum fundamento que as soluções médicas não são impossíveis. Contudo, elas certamente não estarão disponíveis a curtíssimo prazo e, mesmo quando existirem, permanecerá o problema da desigualdade material e social, sobretudo em nível mundial. Os países mais atingidos, como os da África por exemplo, serão certamente os que terão menos acesso a soluções caras, caso sejam encontradas.

Em segundo lugar, de acordo com nossas pesquisas, as estratégias de responsabilização individual parecem estar dando frutos, permitindo, assim, se não um controle absoluto, ao menos algum controle sobre a extensão da doença. De toda forma, creio que todo discurso responsável sobre a AIDS deve insistir num ritmo de crescimento contínuo da população de doentes nos próximos anos, na medida em que aqueles que serão declarados doentes são desde já portadores do vírus. Se quisermos manter uma postura responsável, portanto, não devemos criar uma esperança de melhora rápida num futuro próximo.

Há ainda um certo número de fatores que devem desde já ser considerados para que se possa gerir a situação criada pela AIDS. Os remédios experimentais começam a produzir alguns resultados, aumentando a esperança de vida dos doentes. Esse fato se traduz, por outro lado, no aumento do custo dos tratamentos. Portanto, penso que uma política responsável deverá reconhecer que não apenas as pesquisas sobre a AIDS como o próprio tratamento dos doentes e dos portadores do vírus representarão gastos significativos, que deverão ser assumidos tanto pelo sistema de serviços de saúde como pelo sistema de seguro de saúde. Será necessário encontrar soluções para os problemas econômicos trazidos pela doença, e é preciso, desde já, anunciar esses problemas muito claramente, para que não dêem lugar a explorações ideológicas. ■

Tradução e edição de Dora Rocha Flaksman

MAIONOANGLO

2ª CHAMADA
PARA
AS MELHORES
FACULDADES

anglo 
VESTIBULARES

SUCEDÂNEO PARA A PELE HUMANA

Os microorganismos são capazes de excretar, no meio onde são cultivados, vários produtos, cuja aplicabilidade varia de espécie para espécie. As bactérias do ácido acético (vinagre), por exemplo, produzem macromoléculas (polímeros) formadas por glicose. Como se sabe desde a década de 1930, a bactéria *Acetobacter xylium* sintetiza uma dessas macromoléculas, a celulose, na forma de uma película.

A quantidade de celulose produzida por *A. xylium* — e, conseqüentemente, a espessura da película que se forma — depende do tamanho do inóculo (as bactérias semeadas), da concentração de nutrientes, do tempo de cultivo e, especialmente, da relação carbono/nitrogênio no meio. Através de microscopia eletrônica, é possível observar que essa película é formada por fibras entrelaçadas.

Em 1973, em Curitiba, um velho farmacêutico-prático mineiro e pesquisador autodidata conseguiu empreender empiricamente a produção dessa fibra celulósica. Buscou auxílio junto aos meios científicos locais para encontrar aplicações industriais para o produto, mas não obteve resultados. A partir desse fato, ainda na década de 1970, o bioquímico Luiz Alberto Veiga e a bióloga Emma Luiza Chandelier estudaram a padronização da produção de fibra celulósica por *A. xylium* isolada de folhas de chá preto, utilizando melada como meio de cultura. Mais uma vez, foram infrutíferas as tentativas de encontrar alguma aplicação para o produto.

Já na década de 1980, outro pesquisador autodidata curitibano, Luiz Fernando Xavier Farah, após produzir artesanalmente a fibra celulósica, descobria, com raro espírito de observação, o "ovo de Colombo": associou, de forma original e inédita, o aspecto visual da película de celulose com o da pele humana.

Estudos médicos iniciais, realizados na Clínica de Queimados e Cirurgia Plástica do Hospital Cajuru, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, mostraram que a película podia ser usada, com sucesso, para provocar a regeneração da pele humana queimada ou traumatizada.

O material passou então a ser produzido pelo próprio Luiz Fernando Farah em nível industrial, sob o nome de Biofill, com pedido de patente já depositado no Brasil



foto Biofill Produtos Tecnológicos SA

Aplicação da película celulósica sobre área queimada.

e em mais 20 países, inclusive a China, para ser utilizado como sucedâneo temporário da pele humana.

O primeiro acompanhamento médico dessa aplicação da película de celulose foi conduzido por Regina Peixoto e Dayson Nicolau dos Santos. A utilização do produto em 52 pacientes — 33 casos de queimadura de segundo grau superficial e profunda, nove de área doadora de enxerto e dez outros de abrasão da pele — conduziu à conclusão de que a película protege fisiologicamente o tecido lesado, permitindo ao organismo promover, em tempo abreviado, a regeneração epitelial. Verificou-se ainda que esta era de melhor qualidade que a obtida através dos tratamentos convencionais.

Como não foram realizados estudos comparativos com películas de outros polímeros de glicose utilizados para o mesmo fim, disponíveis no mercado internacional, ainda não é possível afirmar se a película de celulose tem maior ou menor eficiência que esses produtos.

Após a constatação médica inicial feita em Curitiba, vários outros hospitais do Brasil fizeram experiências com a película, entre eles o Hospital e Maternidade São Luiz, em São Paulo, e o Serviço de Cirurgia Plástica do Hospital Municipal Barata Ribeiro, no Rio de Janeiro. Os novos estudos de caso confirmaram a observação de que o produto melhora significativamente a recuperação epitelial, especialmente em casos de queimadura, inclusive de terceiro grau. As equipes médicas que utilizaram o produto destacam seu fá-

cil manuseio, sua perfeita aderência à área lesada, a redução da dor que proporciona e a abreviação do tempo de cicatrização. Outra vantagem é que, sendo transparente, a película permite a observação da área lesada, sem necessidade de troca de curativos. Finalmente, por ser uma fibra com porosidade limitada, o produto reduz a possibilidade de invasão bacteriana e a perda de líquidos e eletrólitos.

Segundo as equipes médicas que trabalharam com a película de celulose, ela só deixa a desejar, como substituto da pele humana, do ponto de vista da elasticidade. Consideram, no entanto, que isso não impede que seja usada com proveito.

Estudos médicos mais completos, já em andamento, permitirão possivelmente a ampliação do uso do produto. Mas, desde já, a descoberta, por esse pesquisador leigo, de uma aplicação inédita para um produto conhecido há décadas nos meios científicos leva a pensar que, na área tecnológica, importa não só a capacidade de observar a realidade como também a de agir sobre ela a partir da descoberta feita, o que por vezes requer visão empresarial. Hoje, Luiz Fernando Xavier Farah produz, em sua própria empresa, 30 mil películas por mês, inclusive para exportar.

Por sua criatividade, engenhosidade e pertinácia, a equipe que encontrou esta primeira aplicação para a película de celulose acaba de ser contemplada com o Prêmio Governador do Estado de São Paulo para inventores brasileiros.

Myriam Regina Del Vecchio
Ciência Hoje, Curitiba

EMPRESARIADO ELEGE SEU LÍDER.

ELES COMPÕEM UMA IMPORTANTE PARCELA DO CAPITAL PRIVADO NACIONAL. SÃO HOMENS PROFISSIONALMENTE BEM SUCEDIDOS E POLITICAMENTE INFLUENTES.

SÃO DIRIGENTES EMPRESARIAIS DE PESO E DESTAQUE.

SÃO FORMADORES DE OPINIÃO. ENTRE ESSES HOMENS - OS PRINCIPAIS EXECUTIVOS DAS 500 MAIORES EMPRESAS DO PAÍS, SEGUNDO A REVISTA EXAME - O IBOPE ENTREVISTOU OS DO GRANDE RIO. E CONSTATOU: O JORNAL DO BRASIL É O SEU JORNAL PREFERIDO. É O MAIS CONCEITUADO. É O LÍDER. ONDE É IMPORTANTE LIDERAR. VEJA OS RESULTADOS.



GRÖTTNER & CIA

HÁBITO DE LEITURA DE JORNAIS

JORNAIS	* %V
JORNAL DO BRASIL	96
GAZETA MERCANTIL	73
O GLOBO	73
O ESTADO DE S. PAULO	29
FOLHA DE S. PAULO	27
Nº MÉDIO DE JORNAIS LIDOS	3.3

JORNAL DE PREFERÊNCIA

JORNAIS	* %V
JORNAL DO BRASIL	56
GAZETA MERCANTIL	18
O GLOBO	16
O ESTADO DE S. PAULO	7
FOLHA DE S. PAULO	4
NÃO TEM PREFERÊNCIA	7

AValiação DA COBERTURA DE ASSUNTOS ECONÔMICO-FINANCEIROS

JORNAIS	JB	OG	OESP.	FSP.
ÓTIMA	20%	9%	7%	9%
BOA	51%	40%	16%	9%
REGULAR	20%	20%	2%	4%
RUIM/PÉSSIMA	—	—	—	—
NÃO SABE/NÃO OPTOU	4%	7%	4%	4%
NÃO LÊ	4%	24%	71%	73%

JORNAL DO BRASIL

* Respostas múltiplas.

Pesquisa realizada de 14/10 a 13/11 de 87, na área do Grande Rio, tendo como base da amostra 45 entrevistados.

MACRÓFITOS AQUÁTICOS: AS PLANTAS FISCAIS

Em sistemas de avaliação e monitoramento de águas superficiais correntes, é comum o emprego de organismos vivos como bioindicadores. Segundo o limnologista alemão Alois Schäfer, o pesquisador, ao fazer essa opção, deve utilizar espécies com capacidade de locomoção limitada ou nula. Sendo sensíveis a quaisquer alterações do meio em que vivem, essas espécies são um bom instrumento para acusar poluição em ambientes de água corrente.

Os macrófitos aquáticos são vegetais visíveis a olho nu, cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanentemente, ou por determinados períodos, submersas ou flutuantes na água. Como têm capacidade de locomoção nula, são um importante instrumento para auxiliar o controle, a fiscalização e a proteção de nossos recursos hídricos.

Com base em trabalhos de ecologia e nos levantamentos florísticos que vêm sendo realizados no Rio Grande do Sul desde 1978, desenvolvemos um sistema para agrupar as espécies de macrófitos aquáticos inventariados. Considerando as peculiaridades de cada região, chegamos a sete formas biológicas (ver figura). Cabe ressaltar que a forma "epífita", por nós adotada, foi descrita pela primeira vez em 1965, pela bióloga argentina Nuncia Tur.

Nosso sistema, baseado nas pesquisas do francês J. Braun-Blanquet e do norte-americano Eugene Odum, classifica os macrófitos aquáticos por forma biológica segundo sua maior ou menor relação com a água (Blanquet e Odum os classificam em cinco formas biológicas).

Apesar das diferenças geográficas, nosso sistema, desenvolvido a partir das espécies de macrófitos aquáticos que ocorrem no Rio Grande do Sul, pôde ser também aplicado às comunidades ocorrentes no município mineiro de Nova Ponte, onde a Centrais Elétricas de Minas Gerais (Cemig) está construindo uma usina hidrelétrica.

Os macrófitos têm características peculiares em sua anatomia e morfologia e adaptações ecofisiológicas que lhes permitem ocupar ambientes lóticos (de água corrente, como rios e riachos) e lênticos (de água parada, como reservatórios, lagoas, pântanos) nas várias regiões do globo terrestre.

Os "calos", ou "discos córneos", estruturas que possibilitam sua fixação em rochas e pedras, são talvez uma das principais dessas adaptações, presentes sobretudo em espécies da família das podostemáceas e em algumas espécies do grupo das hepáticas. Os indivíduos do primeiro grupo só ocorrem em água corrente — cascatas e torrentes rápidas —, onde a massa líquida apresenta características físico-químico-bacteriológicas peculiares, especialmente em função de sua velocidade e do substrato rochoso que define seu curso. As populações das espécies de podostemáceas ocorrem em poucos rios e cachoeiras e, muitas vezes, espécies afins (consideradas filogeneticamente semelhantes) restringem-se a cursos d'água próximos uns dos outros.

Na área de influência da usina hidrelétrica de Nova Ponte, encontramos populações de *Mourera aspera*, uma podostemá-

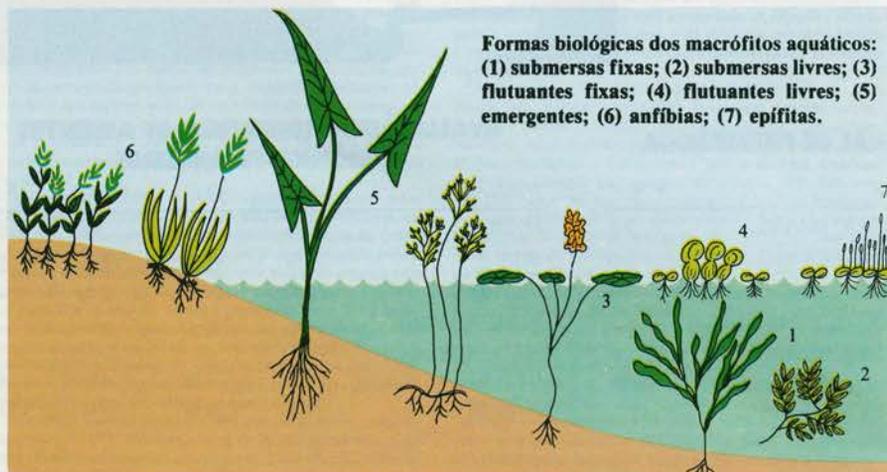
cea herbácea, flutuante fixa ou emergente, cuja ocorrência no local era até então desconhecida. Essa descoberta resultou dos levantamentos florísticos de macrófitos aquáticos realizados na bacia dos rios Araguari e Quebra-Anzol pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

A observação da espécie *in loco* permitiu-nos identificá-la como bioindicadora da qualidade das águas superficiais, pois os pontos em que ocorria, embora distantes uns dos outros nas duas bacias, apresentavam as mesmas condições ecológicas. Assim, foi possível relacionar o tamanho das populações dessa podostemácea com os dados relativos às condições físico-químico-bacteriológicas da água.

O inventário florístico preliminar dos macrófitos aquáticos mostrou — pela comparação de dados inventariados num mesmo número de pontos e com a mesma frequência de amostragem em ambos os rios — que a diversidade específica e as populações de *Mourera aspera* são maiores no rio Araguari que no rio Quebra-Anzol. Na bacia deste último, o solo é mais intensamente utilizado que na do rio Araguari, sendo este, provavelmente, o fator que mais interfere na perenidade e no tamanho das populações desses macrófitos.

O barramento do rio Araguari abaixo de seu cruzamento com o rio Quebra-Anzol para a formação do reservatório introduzirá novas variáveis no sistema, pois transformará um sistema lótico num sistema lêntico (ver "Ambientes, represas e barragens", em *Ciência Hoje* n.º 27). A continuidade dos estudos atuais permitirá a análise comparativa dos dados já obtidos e dos que serão colhidos no novo sistema. Desse modo, será possível avaliar o impacto do barramento sobre as comunidades de macrófitos aquáticos e sobre a qualidade das águas superficiais, o que é fundamental para a elaboração, no futuro, de propostas de zoneamento ambiental. Em especial, essas propostas devem incluir instruções quanto ao uso múltiplo das águas de reservatório, já que isto está diretamente relacionado com a qualidade de vida das populações que as utilizam.

Gilberto Pedralli
Setor de Ecossistemas,
Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais



AGÊNCIA BRASILEIRA DE COOPERAÇÃO

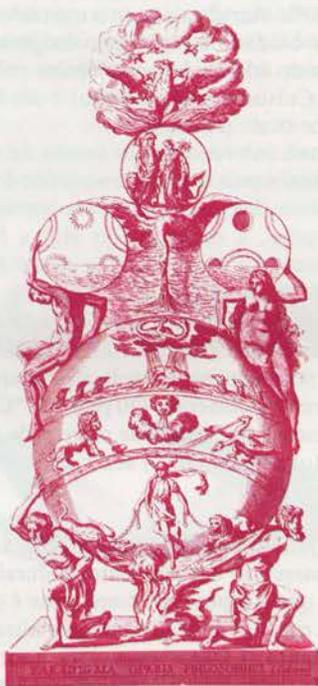
Ao criar, em dezembro do ano passado, a Agência Brasileira de Cooperação (ABC), o Brasil tornou-se o primeiro país em desenvolvimento a contar com uma instituição exclusivamente destinada à cooperação internacional. Mais importante, no entanto, que esse pioneirismo é a opção metodológica adotada pela ABC. Ela não pretende reproduzir o perfil assistencialista que tem caracterizado entidades do gênero dirigidas por países ricos e mais afeitas a esquemas de dominação tecnológica do que propriamente de cooperação. Ao contrário da maior parte dos organismos ditos de cooperação, a nova agência não foi instituída para prestar ajuda financeira, até mesmo porque o governo brasileiro não disporia de recursos para tal; ela também encontraria no próprio país desequilíbrios regionais carentes de transferências de renda.

A ênfase da ABC está na troca de conhecimentos. Baseia-se na premissa de que mesmo países em fase de desenvolvimento dispõem de experiências bem-sucedidas que podem ser adaptadas a realidades econômicas e sociais parecidas. Os recursos humanos são a principal matéria de intercâmbio, não as vultosas somas em moedas fortes, nem sempre administradas com competência pelos recebedores.

A criação da ABC possibilita que o Brasil mude sua tradicional posição de passivo receptor para se constituir também num emissor de cooperação. A diferença básica consiste no fato de que a cooperação a ser emitida pelo Brasil destina-se, prioritariamente, a outros países em desenvolvimento. A agência é declaradamente um instrumento de política externa que procura reforçar a vertente das relações terceiro-mundistas, no estilo sul-sul. Até recentemente, o sentido dos programas de cooperação técnica restringia-se ao eixo norte-sul, ou seja, de países ricos para países pobres. Nações como a Iugoslávia, a Índia e a China já vinham realizando projetos com a horizontalidade pretendida pela ABC. O Brasil é, porém, o primeiro a concentrar esse esforço num organismo único e a formular para o mesmo uma diretriz de política externa.

Em termos de administração pública federal brasileira, a mudança que se operou consistiu na extinção do Sistema Interministerial de Cooperação Técnica, que era coordenado pela Secretaria do Planejam-

to da Presidência da República, através da Secretaria de Cooperação Econômica e Técnica Internacional (Subin), em funcionamento desde 1969. Tal competência foi transferida para o Itamaraty, embora os ministérios não estejam impedidos de realizar ações setoriais para fazer face a demandas específicas encaminhadas por interlocutores. A orientação política, no entanto, caberá à ABC, que, além do respaldo da chancelaria brasileira, conta com a flexibilidade de um órgão da administração indireta: pertence à estrutura da Fundação Alexandre Gusmão.



Extrato de L'encyclopédie Diderot et d'Alambert

A agência contará, este ano, com uma verba orçamentária de apenas 200 milhões de cruzados, a ser aplicada em pré-investimentos. Sem ser uma instituição onerosa, a ABC tem, contudo, a ambição de fazer com que a cooperação técnica se transforme numa via de duas mãos, através da qual as nações amigas compartilhem soluções já postas em prática no combate a problemas típicos de países em desenvolvimento. Há bons exemplos em pesquisa agrícola, medicina tropical, educação à distância, formação de mão-de-obra e capacitação de quadros administrativos.

Numa primeira etapa, a clientela básica da Agência Brasileira de Cooperação será

constituída dos países vizinhos, das nações lusófonas da África, alguns países da costa ocidental africana — Gabão e Costa do Marfim — e algumas nações do Caribe e da América Central. O modelo em prática não elimina, porém, a possibilidade de intercâmbios em faixas tecnológicas mais avançadas, como a informática e as telecomunicações, nas quais o Brasil já dispõe de alguns progressos.

O presidente da ABC, embaixador Luiz Felipe Lampreia, afirma que "não temos capacidade para fazer algo excessivamente abrangente e, por isso, estamos trabalhando em bases seletivas". Ele sugere, como uma das estratégias da ABC, a montagem de projetos tripartites, onde o Brasil se associaria a um outro país em desenvolvimento em projetos que fossem custeados por um país ou por um organismo internacional de financiamento, a exemplo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) ou do Banco Mundial (BIRD).

Segundo informação do Itamaraty, algumas empresas têm se mostrado bastante receptivas à idéia de participarem de projetos de cooperação técnica, atitude que tornou possível o desenvolvimento de experiências em bom andamento em Angola e Costa do Marfim. Além de integrar um consórcio encarregado de construir a hidrelétrica angolana de Kapanda, a Norberto Odebrecht acabou engajando-se em programas locais de formação de recursos humanos, área na qual investiu um milhão de dólares. Na Costa do Marfim, a Andrade Gutierrez associou-se a projetos locais de introdução do gado zebu — com a assessoria de uma outra empresa brasileira especializada em produção de sêmen e embriões, a Stracta —, de plantação de soja e também a programas de formação de quadros profissionais.

A capacidade da ABC em termos técnicos e humanos é significativa, embora seja pequena a nível de recursos financeiros. O Itamaraty conseguiu negociar recentemente com o Banco Mundial a instalação, naquele organismo, de um fundo para consultorias. Dessa forma, o Brasil tornou-se também o primeiro país em desenvolvimento a dispor de um mecanismo semelhante no BIRD, conquista que certamente facilitará o trabalho da ABC.

Luís Martins

Ciência Hoje, Brasília

CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO: FATOS E FANTASIAS

Ante a crescente atividade do garimpo do ouro em regiões do centro e do norte do país, o risco da contaminação de rios e lagos é freqüentemente debatido. É que, na extração do ouro, o processo de pré-concentração é feito por amalgamação com mercúrio e, como depois essa pasta é queimada, o mercúrio volatiliza, impregnando o meio ambiente. Contudo, embora importante e de grande interesse para a comunidade, a questão da toxidez do mercúrio é controvertida, e poucas vezes tem sido abordada em bases científicas.

Em Minamata e Niigata, no Japão, registraram-se mais de 1.200 casos de contaminação por metilmercúrio; no Iraque, a ingestão de trigo contaminado com o mesmo composto causou a morte de mais de 500 pessoas e a hospitalização de outras 600. Por outro lado, sabe-se que na região de Almaden, na Espanha, mineiros ingeriam mercúrio elementar em casos de constipação intestinal. E mais: o calomelano, um sal inorgânico de mercúrio, já foi muito usado como agente anti-helmíntico, e vôcê, leitor, talvez tenha em seus dentes obturações feitas com um amálgama à base de mercúrio.

Para compreender essas duas ordens de fatos e avaliar a toxidez do mercúrio e os riscos associados à contaminação do nosso sistema aquático, devemos analisar a química aquática desse elemento.

Segundo a Agência de Proteção Ambiental do Canadá, a emissão de mercúrio que atinge nosso ecossistema soma aproximadamente 44.000 t/ano; a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que ela se situa entre 25.000 e 150.000 t/ano. O mercúrio inorgânico que aporta no nosso sistema aquático apresenta-se sob três diferentes estados de oxidação: mercúrio elementar (Hg^0); íon mercúrico (Hg^{2+}) e íon mercurioso (Hg_2^{2+}). Como este último é instável na maioria dos sistemas aquáticos, trataremos apenas das interações esperadas para as espécies Hg^0 e Hg^{2+} .

A química aquática do mercúrio elementar é determinada por sua solubilidade. Esta é calculada pela equação $\log (Hg^0) = -118,04 + 4715,2/T + 42,02 \log T$, onde a solubilidade é dada em microgramas por litro (o μg é a milionésima parte do grama) e T é a temperatura absoluta. Assim, para uma temperatura de 25°C, a solubili-

dade esperada é de 60 μg /litro (60 partes por bilhão, sendo 1.000 ppb igual a uma parte por milhão, 1 ppm). Com pouca solubilidade e alta volatilidade, o mercúrio elementar tem curto tempo de residência nos sistemas aquáticos oxigenados, pois a fração que não é perdida pela difusão na interface água-ar é oxidada a Hg^{2+} pelo oxigênio dissolvido na água.

Convém ressaltar que, se a ingestão de mercúrio elementar acarreta baixo risco de envenenamento, a eficiência da assimilação pulmonar do vapor de mercúrio pode chegar a 80%. Acredita-se que o mercúrio metálico é oxidado a Hg^{2+} pelo oxigênio do ar quando adsorvido nos alvéolos pulmonares. Curiosamente, o álcool é um forte inibidor desse processo.

O mais interessante do ponto de vista ambiental é pois a química aquática do íon mercúrico (Hg^{2+}), já que, em ambientes oxigenados, a oxidação do Hg^0 a Hg^{2+} pode aumentar a solubilidade do metal para valores acima de 100 ppm.

Bioensaios feitos em nossos laboratórios mostraram que a bactéria *Escherichia coli* cresce normalmente em soluções saturadas de mercúrio elementar (70 ppb a 37°C); já na presença de 50 ppb de cloreto de mercúrio (um sal de Hg^{2+}) seu crescimento é inibido em 50%.

A química aquática e a especiação do mercúrio em ambientes naturais indicam que a espécie predominante é o íon Hg^{2+} , cuja solubilidade em água ultrapassa 100 ppm. A literatura mostra, contudo, que, mesmo em regiões muito contaminadas, a concentração do mercúrio na água raramente ultrapassa 30 ppb.

Em estudos sobre a contaminação por mercúrio em garimpos da região centro-oeste do estado de Goiás, as concentrações máximas de mercúrio na água registradas por pesquisadores dos institutos de Geociências e de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) foram da ordem de 5 ppb.

O principal fator de controle da solubilidade, do tempo de residência e, portanto, do potencial tóxico do mercúrio nos sistemas aquáticos naturais é a sua simples interação com material particulado, isto é, qualquer material, orgânico ou inorgânico, natural ou sintético, de tamanho supe-

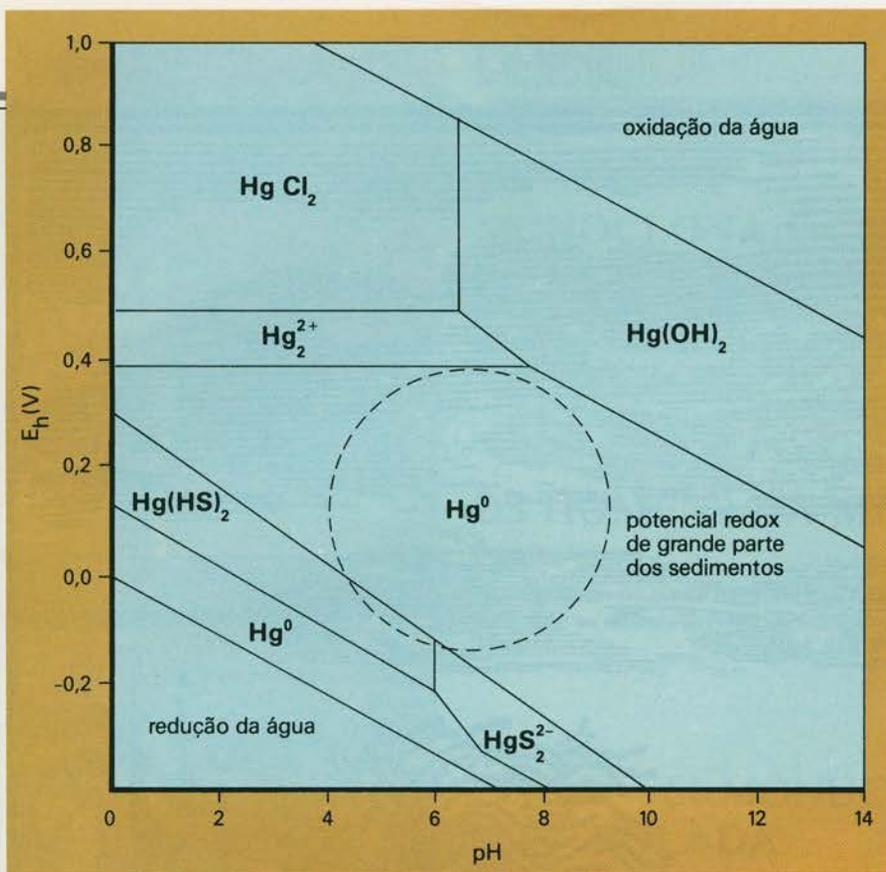
rior a 0,45 micrometros (o μm é a milionésima parte do metro). Vários estudos mostram que a remoção do mercúrio elementar e dos íons Hg^{2+} por material particulado é extremamente rápida, ocorrendo em questão de minutos. Favorecendo a precipitação e incorporação do mercúrio nos sedimentos, essa adsorção diminui a disponibilidade do metal.

Quando o mercúrio é incorporado ao sedimento, sua química aquática torna-se mais complexa. Infelizmente a atividade biológica na interface água-sedimento é pouco conhecida, embora envolva importantes processos, capazes de alterar as espécies do mercúrio. Um deles é a metilação, de que resulta o metilmercúrio ($CH_3 Hg^+$), composto extremamente tóxico. Um fator que dificulta a caracterização mais completa das diversas formas do mercúrio são as condições redox do sedimento e da água intersticial (o potencial redox, Eh, é uma medida indireta da disponibilidade e da deficiência de oxigênio, isto é, dos potenciais positivos e negativos).

Sejam quais forem esses processos, é certo que os sedimentos são o túmulo de grande parte do mercúrio que aporta nos sistemas aquáticos. Sedimentos não contaminados apresentam um valor médio de 40 ppb de mercúrio e, nas regiões contaminadas, esse valor pode atingir 218 ppm. As maiores fontes poluentes são as indústrias que usam o processo Solvay na produção de cloro e soda cáustica, em cujas proximidades os níveis de contaminação superam 1 ppm. Estima-se que, para cada tonelada de cloro produzida, perde-se até 0,2 kg de mercúrio.

Estudos feitos por pesquisadores do Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro sobre a contaminação do rio Madeira, detectaram, em amostras de sedimento, teores de mercúrio entre 50 a 1.675 ppb. Já sedimentos provenientes da região do garimpo em Goiás apresentaram teores entre 0,01 (limite de detecção) e 26 ppb.

Qual seria a potencialidade tóxica do mercúrio associado a esses sedimentos? A figura explora as diversas espécies esperadas nesse ecossistema. Considerando-se que no diagrama — que pressupõe uma concentração, nos sedimentos, de 1×10^{-4} M de cloretos e sulfetos — 90% dos sedi-



Espécies de mercúrio esperadas nos sedimentos.

mentos estariam contidos no círculo, a química aquática do mercúrio indica que a espécie predominante no sedimento seria o mercúrio elementar (Hg^0). Ou seja, embora oxidado pelo oxigênio dissolvido na água, o íon mercúrico tende a ser reduzido à sua forma elementar após a precipitação e incorporação ao sedimento.

O diagrama não inclui, porém, a contribuição da matéria orgânica no potencial redox, quando se sabe que há forte correlação entre o teor de mercúrio e o de matéria orgânica presentes no sedimento, nem considera a possibilidade da metilação do mercúrio. Dada a toxicidade do metilmercúrio, é importante considerar a contribuição biológica nesse processo.

O mecanismo de metilação do mercúrio por bactérias e fungos ainda não está totalmente esclarecido, sobretudo nas condições físico-químicas próprias das regiões tropicais. Acredita-se que todo microorganismo capaz de utilizar a vitamina B12 sintetize o metilmercúrio. A metilação depende da população bacteriana, da biodisponibilidade dos íons Hg^{2+} e é favorecida por condições aeróbias ($Eh > 0$), embora possa ocorrer em condições anaeróbias.

Confrontando estas informações com o que mostra a figura, vemos que a metilação do mercúrio em sedimentos é muito desfavorecida: (a) a forma disponível do metal presente no sedimento é Hg^0 e não Hg^{2+} ; (b) as condições anaeróbias não

propiciam o processo, e (c) na ausência de oxigênio, o enxofre, presente na sua forma reduzida como sulfeto, precipita não só o mercúrio, formando o HgS , mas também o sulfeto de metilmercúrio, os mais insolúveis dos compostos conhecidos.

Se estas previsões teóricas são válidas, a relação entre a concentração do metilmercúrio e o mercúrio total dissolvido em água é pequena. De fato, a literatura confirma que a relação $(CH_3Hg^+)/Hg$ total raramente ultrapassa 0,05, ou seja, 5%, com valores médios em torno de 1%.

Mas, ainda que o aporte do mercúrio não implique risco de contaminação a curto prazo por ingestão de água potável, o risco potencial é imenso. Embora desfavorecida, a metilação do mercúrio ocorre, e a toxidez do metilmercúrio é bem conhecida. Como mais de 90% desse composto encontra-se na biota (microorganismos bênticos e peixes), a principal forma de contaminação é a ingestão desses alimentos contaminados. O limite de metilmercúrio em alimentos para consumo humano fixado pela OMS é de 0,5 ppm e, em áreas com sedimentos contaminados, esse valor pode facilmente atingir 5 e até 50 ppm. Assim, no Brasil, a contaminação por mercúrio em áreas de garimpo pode ocasionar um problema crônico, uma vez que o sedimento contaminado torna-se uma fonte inesgotável de mercúrio.

Na falta de uma política de prevenção no país, como remediar o problema da contaminação de sedimentos por mercúrio? O processo natural da autodepuração é lento: cessado o aporte de mercúrio, a concentração desse metal no sedimento só retorna ao nível normal após décadas. Analisadas as viabilidades técnica e econômica, duas soluções se apresentam: (a) a remoção do sedimento contaminado (dragagem), ou (b) a introdução de material particulado para aumentar o teor de sólidos em suspensão, favorecendo a co-precipitação e imobilização do mercúrio no sedimento.

A dragagem de um sistema como o Wabgon/English River custaria, por exemplo, cerca de 250 mil dólares por km. A operação poderia ser feita por partes, criando-se, no próprio curso d'água, bolsões temporários para a coleta do sedimento contaminado. Inúmeros riscos, porém, como a liberação do metilmercúrio até então confinado nos sedimentos e águas intersticiais, ou o aumento da turbidez e da carga orgânica, poderiam inviabilizar a operação. Além disto, o sedimento, uma vez removido, sendo um rejeito de alto potencial tóxico, exigiria tratamento especial.

Como a adsorção do mercúrio concentra-se na camada superior do sedimento e decresce exponencialmente a partir de 10 cm, uma terceira opção seria "desativar" essa camada superficial, acelerando o processo natural da erosão e posterior sedimentação do material particulado. Estudos de laboratório mostram que argilas finamente divididas podem reduzir em até 90% a incorporação biológica de mercúrio. Assim, o bombeamento de lama contendo argila ou mesmo sedimentos não contaminados seria uma solução de menor custo e viável, dependendo, é claro, do volume dos cursos d'água.

A química aquática do mercúrio permite inferir, portanto, que o risco de intoxicação da população pela ingestão de água potável é mínimo, embora o consumo de peixes provenientes de águas contaminadas deva ser evitado a todo custo. Por outro lado, a progressiva contaminação dos sedimentos pode dar lugar a problemas crônicos e graves. Isto deve servir de alerta aos órgãos fiscalizadores que, na maioria das vezes, monitoram o mercúrio apenas na coluna d'água, ignorando que é no sedimento que se localiza o maior problema.

Wilson de Figueiredo Jardim

Instituto de Química,
Universidade Estadual de Campinas



será que Newton tinha razão?

A FINEP sempre esteve ao lado das universidades

A Universidade Federal de Viçosa é o melhor exemplo dessa união. Só no ano passado, a FINEP financiou mais de 60 diferentes projetos, pesquisas, estudos e eventos científicos na UFV. São trabalhos tão variados e importantes como o desenvolvimento de uma nova espécie de soja e o melhoramento genético de aves de corte.

Apoiando a pesquisa nas universidades a FINEP não está fazendo mais do que a sua obrigação. Cumpre o seu papel de banco de fomento do desenvolvimento científico e tecnológico do país.



FINEP, 20 anos investindo no futuro

Financiadora de Estudos e Projetos
Ministério da Ciência e Tecnologia



O Itaú está onde você precisa.



Banco Eletrônico