

CIÊNCIAHOJE

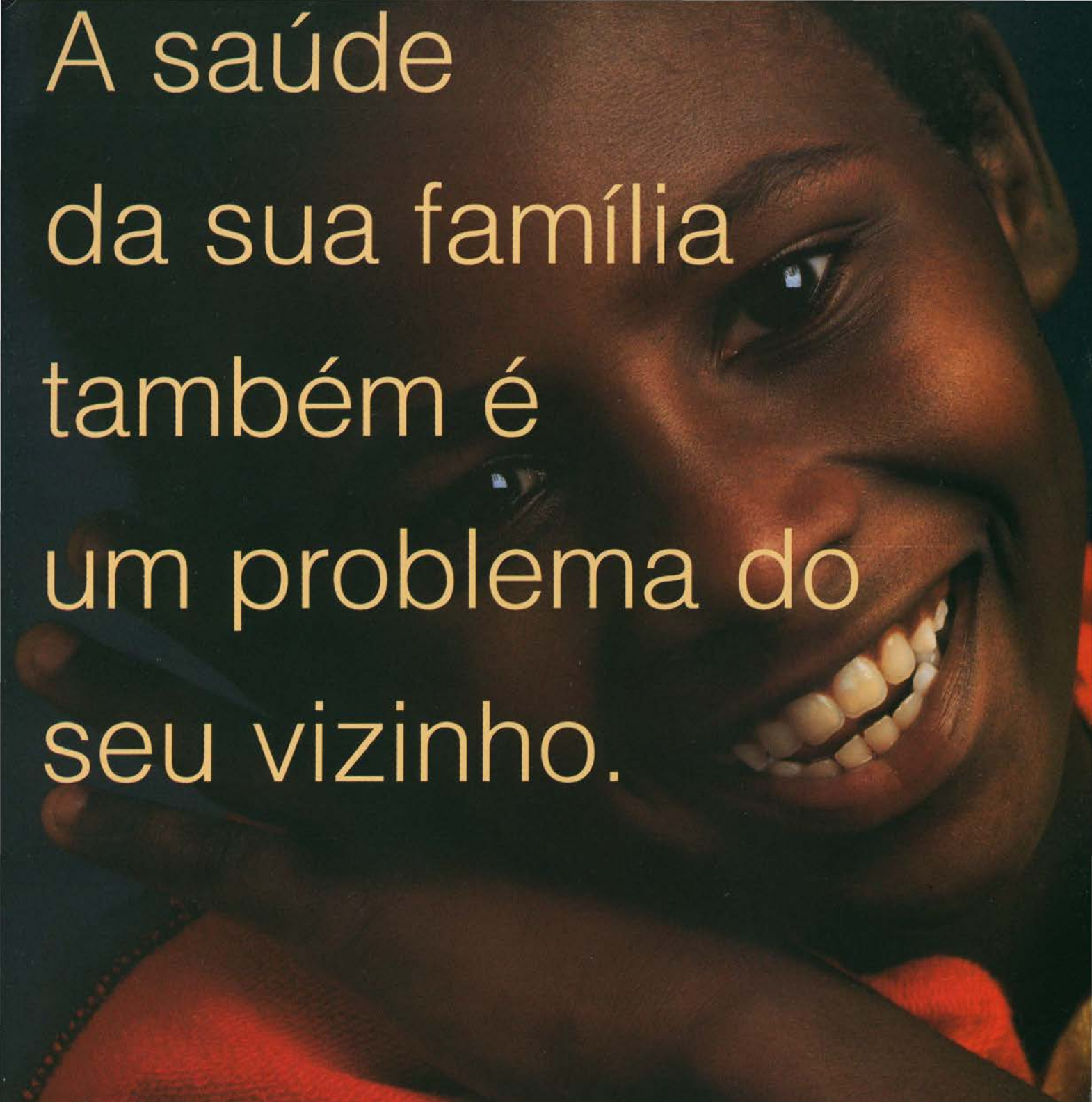
Aranhas nas teias do social

**Biomassa de
florestas tropicais
e efeito estufa**

**O Brasil pode,
sim, produzir
medicamentos**

**O que fazer
ao encontrar
uma baleia**

LA RECHERCHE: FOTOGRAFANDO O CÉREBRO HUMANO EM PLENA AÇÃO



A saúde
da sua família
também é
um problema do
seu vizinho.

*O Governo da Bahia está implantando a **rede condominial de esgotos em Salvador**, que visa garantir saneamento básico a todas as famílias que hoje moram em locais de difícil acesso. Para isso, é preciso que cada morador faça a sua parte, ligando sua casa à rede de esgoto. Agindo assim, cada pessoa não vai estar só cuidando da saúde da sua família, mas da dos vizinhos também.*



O DESTINO DOS EMBRIÕES NÃO UTILIZADOS

A fecundação artificial (fertilização assistida), com os avanços científicos e tecnológicos dos últimos anos, vêm criando problemas éticos que antes não existiam. Um deles diz respeito ao destino dos embriões não aproveitados.

Para a fecundação artificial ter sucesso, em geral fecunda-se mais de um óvulo por diferentes espermatozoides, e implanta-se mais de um zigoto (o óvulo fertilizado ou ovo) no útero. Para evitar a repetição de todo o processo de indução da ovulação, retirada dos óvulos, e sua fecundação por espermatozoides que também devem estar disponíveis na ocasião, é igualmente prática comum hoje congelar os embriões (criopreservação) para novas tentativas de implantação, caso a primeira falhe.

Com relação aos embriões não utilizados, levantam-se várias questões éticas:

1. O *status* legal do embrião criopreservado: é opinião generalizada que os embriões, embora mereçam respeito especial, não têm, no entanto, os direitos de uma pessoa. Isto porque o embrião não possui órgãos diferenciados, como o cérebro ou o sistema nervoso, e, portanto, não apresenta a capacidade de sensação ou consciência. Além disso, ele não é um indivíduo, já que posteriormente podem ocorrer os fenômenos da gemelaridade (separação de grupos de células, com a formação de dois ou mais indivíduos) e do mosaicismo ou quimerismo (ocorrência de dois ou mais tipos celulares em um indivíduo, devido a problemas no desenvolvimento ou fusão celular).
2. A autoridade responsável pelo seu destino: parece haver consenso de que o casal ou as pessoas que forneceram os óvulos e os espermatozoides têm a autoridade primária quanto à decisão sobre seu destino. Deve ser reconhecido também, com toda a certeza, o direito de transferir esta autoridade a outras pessoas. Para a implementação destes direitos, é essencial estabelecer instruções sobre o que fazer com estes embriões antes do início do procedimento de sua obtenção.
3. Período de armazenamento: supondo-se que, em princípio, é possível armazenar-se indefinidamente um embrião, há que definir o tempo em que eles deverão ficar depositados. Alguns códigos de ética recomendam o máximo de 10 anos, depois do qual a decisão passaria aos mantenedores da unidade de depósito. Outros recomendam cinco anos, ou que este período não ultrapasse a vida reprodutiva da mulher doadora do óvulo. Tais regulamentos podem ser questionados, pois uma mulher poderia desejar que um embrião seu fosse gestado por outra mulher, se ela tivesse de sofrer uma histerectomia (extração do útero), por exemplo.
4. Doação: em casos de doação, o casal doador deverá firmar um documento transferindo seus direitos e interesses com relação ao(s) embrião(ões). O recipiente, por sua vez, deverá firmar um documento reconhecendo a doação e concordando em criar qualquer criança que resulte do procedimento. Aqui pode surgir um problema se a criança manifestar interesse em conhecer suas

raízes genéticas. Tem sido questionado também o direito à maternidade de mães substitutas.

5. Utilização para a pesquisa: desde que o consentimento seja conhecido, parece não haver dúvida de que embriões, armazenados e criados para o tratamento da infertilidade, podem ser doados para a realização de pesquisas antes de seu descarte. Nos Estados Unidos, estavam sendo considerados os limites a serem fixados para tal tipo de pesquisa. Espera-se que se tomem como aceitáveis (com aprovação caso a caso) as seguintes situações: a) pesquisa nos embriões não utilizados até o 14º dia após a fertilização, quando aparece a linha primitiva, precursora do sistema nervoso; b) criação limitada de embriões *in vitro* para pesquisa considerada indispensável; e c) remoção de células dos embriões antes de sua implantação no útero materno.

Já parecem inaceitáveis: a) o uso de espermatozoides, óvulos ou embriões de doadores que não concedam consentimento explícito para a pesquisa ou que receberam mais do que uma compensação razoável para tal consentimento; b) seleção dos embriões de acordo com o sexo, a não ser para evitar doenças ligadas ao cromossomo X; c) transferência de embriões humanos para gestação em animais; d) criação de quimeras entre humanos ou entre humanos e animais; e e) uso de embriões em engenharia de tecidos, que pode resultar em apropriação através de patentes.

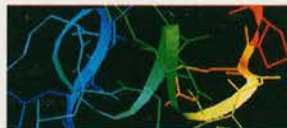
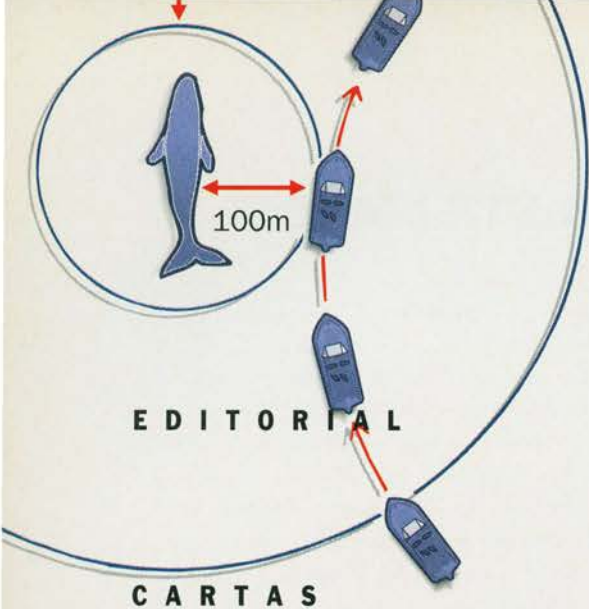
Lembramos todas estas normas em vista da recente polêmica sobre o destino dos embriões armazenados na Inglaterra há cinco anos, que por decisão das autoridades inglesas foram incinerados.

O debate eclodiu, sobretudo, porque, segundo a Igreja Católica, o direito à vida surgiria no momento da concepção. Com isto, a eliminação daquilo que muitos denominam de pré-embriões, revela-se apenas como faceta do problema do aborto, de quem deve ser considerado prioritariamente o direito da mãe ou o do embrião ou feto.

A Organização Mundial da Saúde adotou como norma que o direito à vida surgiria só após o período de 20 semanas de gestação, equivalente a um peso fetal de 400-500 gramas. Isto porque só a partir desta época o feto poderia ter a possibilidade de vida independente da mãe. Estas e outras questões devem ser devidamente apreciadas pelas autoridades brasileiras. Resolução do Conselho Nacional de Saúde regulamentando as pesquisas em seres humanos está para ser aprovada, após ampla consulta aos interessados; e o Conselho Federal de Medicina vem editando já há três anos a revista *Bioética*, na qual estes assuntos são avaliados com o cuidado indispensável.

Só o exame sereno e qualificado de tão complexos problemas permitirá estabelecer regras que maximizem o princípio ético da busca do máximo de felicidade para o maior número possível de indivíduos.

OS EDITORES



EDITORIAL

CARTAS

1 TOME CIÊNCIA

As mudanças no número e no conjunto de folhas de uma planta podem ser estudadas como se estuda uma população humana. Há até taxas de natalidade e de mortalidade de folhas.

4 Por Felipe André Ponce de León da Costa.

Fórmula proposta por cientista do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) ajuda a compreender sistemas físicos como as galáxias e fenômenos como a turbulência no ar e na água, atraindo a atenção de pesquisadores de todo o mundo.
Por Ángel R. Plastino.

UM MUNDO DE CIÊNCIA

Algumas características recém-pesquisadas do sistema imunológico humano – como a capacidade de se adaptar a novas situações, a memória de acontecimentos passados, a forma de circulação dos linfócitos e o processo de aceitação e rejeição de transplantes – são comentados pelos cientistas brasileiros Vivian M. Rumjanek, Cerli R. Gattass, Pedro Persechini e Alberto da Nóbrega.

RESENHA

O livro *Noites Circenses. Espetáculos de Teatro em Minas Gerais no Século XIX*, de Regina Horta Duarte, mostra como o universo circense era, no século passado, ao mesmo tempo uma força sedutora e ameaçadora da ordem.
Por Virgílio Costa.

8

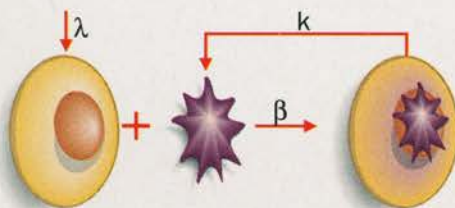


ENTREVISTA

20

João Batista Calixto garante que o Brasil tem as condições necessárias para desenvolver sua indústria farmacêutica. Ele é farmacólogo, professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina, presidente da Sociedade Brasileira de Farmacologia e Terapêutica Experimental e secretário-geral da Comissão de Assessoramento para Assuntos de Medicamentos da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde.

26



Capa: Foto cedida por Eduardo M. Venticinque



A evolução da sociabilidade entre as aranhas

Eduardo M. Venticinque, Harold G. Fowler e Martinho C. Carvalho Jr.

Já foram descritas 39 mil espécies de aranhas, agrupadas em 105 famílias. Só metade das famílias apresenta espécies que formam agregações em alguma fase da vida. E apenas oito famílias têm espécies com níveis mais complexos de sociabilidade. Quais vias evolutivas levaram ao comportamento social em aranhas? A teia teria sido a grande alavanca evolutiva.

Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa?

Rafael de Paiva Salomão, Daniel C. Nepstad e Ima Célia G. Vieira

Áreas ocupadas por capoeiras, espalhadas pela Amazônia, reabsorvem o carbono liberado nas queimadas das florestas, mas este fluxo não é devidamente computado nas pesquisas sobre os efeitos nocivos dos desmatamentos. Ou seja, nem todo o carbono das queimadas vai provocar o efeito estufa. Mas como calcular esta parte?

RECHERCHE CIÊNCIAHOJE

Novas técnicas para fotografar o cérebro humano em plena ação

Bernard Mazoyer e John Belliveau

O progresso de algumas técnicas como a tomografia por emissão de pósitrons e a ressonância magnética está permitindo à ciência descobrir o que se passa de importante no cérebro a intervalos muito curtos de tempo, da ordem de milissegundos. Esse artigo faz parte de importante dossiê publicado por *La Recherche* em sua edição de julho-agosto.



32 É BOM SABER

O que fazer quando encontrar uma baleia pela frente? Como esta possibilidade está se tornando freqüente em certos pontos da costa brasileira, aqui vão algumas recomendações.
Por Liliana Lodi e Bia Hetzel.

58

CIÊNCIA EM DIA

A maturidade da bioquímica no Brasil. Os bons resultados da 25ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular (SBBq).

61

38



48

TECNOLOGIA

Os carbetos, compostos formados pela ligação de carbono com os outros elementos da tabela periódica, estão presentes no cotidiano das pessoas. Os carbetos de metais de transição, por exemplo, permitiram nova classe de catalizadores.

As cinzas do bagaço de cana, queimado por usinas açucareiras para gerar energia térmica, podem ser usadas para fabricar um tipo reforçado de tijolo. As primeiras experiências são estimulantes.

64

Reunião da SBPC

Em 1994 visitei em Vitória (ES) a 47ª reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, que aconteceu na Universidade Federal do Espírito Santo, e gostei muito. Por isso gostaria de saber quando e em que cidade acontecerá a reunião da SBPC deste ano.

Acho que a reunião anual da SBPC deveria ser mais bem divulgada, porque nos mostra quanto é importante a ciência e também é muito informativa. Aproveito para perguntar quanto está custando uma assinatura da revista *Ciência Hoje*.

Douglas Dantas Cardoso
Gardiman, Ipatinga (MG).

Quando sua carta nos chegou, a reunião deste ano tinha acabado de se realizar. Foi em São Paulo, na USP. Mas a próxima será no seu estado, em Belo Horizonte, na Universidade Federal de Minas Gerais. As reuniões da SBPC são sempre realizadas em meados de julho. Para que você não fique frustrado, estamos lhe enviando pelo correio um exemplar do Jornal da Ciência Hoje com a cobertura da reunião. A assinatura da revista (11 números) está custando R\$ 64,50.

Livros didáticos

Sobre o editorial de *CH* nº 121, gostaria de juntar-me aos protestos veementes de Vossas Senhorias. Deixando de lado um certo complexo de Dom Quixote ao encontrar aliados na luta por

Desculpe, autor!

Por uma falha no processo na produção gráfica da revista, a primeira página do artigo 'Tradição e ruptura - a chave do sucesso da moderna canção brasileira', em *Ciência Hoje* nº 122, saiu sem o nome do autor, que apareceu apenas no índice. Ele é Marcos Napolitano, professor do Departamento de História da Universidade Federal do Paraná, a quem pedimos desculpas.

melhor ensino, já que a educação não deve ser tratada de modo independente, tomo a liberdade de enviar-lhes cópia de carta que remeti à CAPES, em outubro de 1995, quando, tomada pelo mesmo sentimento de Vossas Senhorias, resolvi associar-me a esforços coordenados para uma análise efetiva dos livros didáticos brasileiros. Causou-me espécie que livros produzidos com auxílio explícito da CAPES não recebam o mesmo tratamento dedicado aos demais, ofertados à FAE. (...) Professora Yara Schaeffer-Novelli, Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo.



Fotos de Vanzolini

As fotos do professor Vanzolini, publicadas nas páginas 55, 56 e 57 de *CH* nº 119, são da autoria de Oswaldo José dos Santos e nos foram cedidas pela Agência USP.

Eucalipto de proveta

Na seção 'Ciência em Dia' da edição nº 119 desta revista há uma incorreção no artigo 'Em busca do eucalipto de proveta'. A lignina não é um carboidrato e sim uma macromolécula de natureza fenólica, responsável, entre outras coisas, pela dureza dos tecidos e proteção da planta contra fotodegradação e degradação biológica. Além disso, a reportagem não deixa claro como um acelerador de partículas pode servir como vetor de introdução de genes na planta. Poderia ser mencionado também que a nova variedade a ser introduzida receberá o nome de *Eucalyptus urograndis*, um misto dos nomes das duas espécies precursoras. Adilson Roberto Gonçalves, Lorena (SP).

O leitor tem razão quanto ao primeiro ponto. Agradecemos sua retificação. Quanto à utilização do acelerador de partículas como vetor de introdução de genes, por ser um assunto muito complexo, o artigo não pretendia mesmo dar mais



detalhes, o que mereceria um futuro artigo, especialmente destinado a isso.

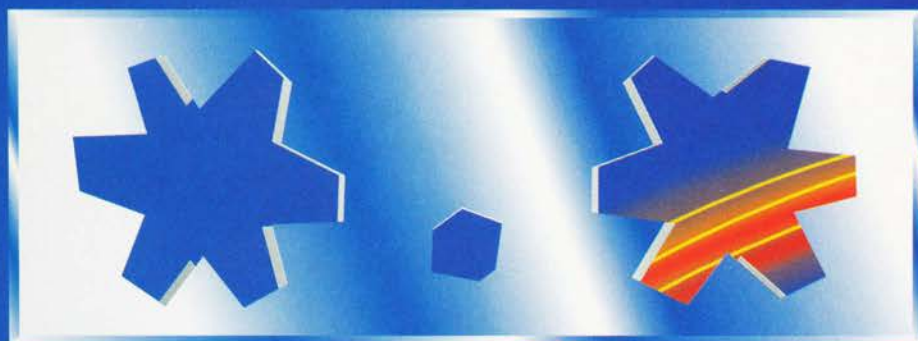
Botânica econômica

Ao leitor Helvécio Costa Menezes, de Divinópolis (MG), interessado em adquirir o livro *Botânica Econômica*, resenhado em *CH* nº 115, informamos que poderá pedi-lo pelo reembolso postal à Livraria Interciência, Av. Presidente Vargas 435, 8º andar, Rio de Janeiro, CEP 20077-900, tel.: (021) 221-0993 ou 221-6850.

Troca de cores

Venho parabenizá-los pelo ótimo trabalho realizado, em especial na matéria 'O segredo da troca de cores nos animais' (*Ciência Hoje* nº 118), que torna inteligível, de forma brilhante e de fácil compreensão, um assunto tão intrigante. Gostaria também de informar que suas matérias estão sendo úteis não só ao magistério mas também a vestibulandos, como eu. Marcelo Stefanovicz, Curitiba, PR.

D I A L D A T A



S Y S T E M S



**Dialdata Internet,
seu melhor acesso
à informação**

DIALDATA INTERNET

O mais dinâmico provedor de acesso, informações e
serviços Internet do país.

Coloque a Home Page de sua empresa na
Internet via DIALDATA.

Faça já negócios on-line através do único site seguro
do país, o do DIALDATA.

Fale conosco para resolver seus problemas de comunicação.

Conheça outras soluções que a
Dialdata Systems dispõe para você:



Dialdata On-line
Sua opção de
acesso à Internet
via BBS gráfico.



Conversor de
protocolo para
correio eletrônico,
tais como
CC Mail, Notes, etc.



Soluções em
conexão da
sua rede à
Internet.



<http://www.dialdata.com.br>

Internet Modem:

14.400bps 820.3777

28.800bps 828.9577

Rua Bandeira Paulista, 716 cj.13/14

Cep.0453 002 Itaim, São Paulo

Tel. 829.4731 Fax. 822.4588



O Censo Populacional está aí para descobrir junto com você quantos somos, o que fazemos, qual nossa idade, quem migrou, quantos estudam. E, principalmente, quantos precisam estudar. No campo e na cidade. Porque é consenso geral que a educação é um dos pontos básicos para o desenvolvi-

Para a educação ficar muito mais legal, ajude o Censo a descobrir o Brasil.

mento perfeito de um país. Com o resultado deste Censo vamos saber exatamente quais as áreas mais carentes em educação, quantas crianças estão sem escola e de quantas salas de aula precisamos. Estes dados, somados aos de outras pesquisas do IBGE, também vão ajudar o Brasil a planejar melhor o que é preciso fazer para manter nossas crianças na escola. A primeira lição para que tudo isso aconteça é receber bem o recenseador e responder corretamente às suas perguntas. Só assim a gente vai estar ajudando o Brasil a tirar nota 10 em educação.

Em caso de dúvida, ligue 0800-218181 (ligação gratuita).



Censo Populacional.

Ajude a descobrir o Brasil.

<http://www.censo.ibge.gov.br>

IBGE
60 anos 1936/1996



OS DESAFIOS DA IMUNOLOGIA

Como o organismo humano se defende do invisível

Quando, há duzentos anos, Edward Jenner vacinou uma criança, protegendo-a contra varíola, estava colocando o marco histórico de uma nova área de conhecimento: a imunologia.

Na busca por compreender a especificidade imunológica, esta ciência foi capaz de revolucionar uma série de conceitos que foram muito além do fenômeno da imunidade. A ironia é que, apesar dos grandes esforços, a vacinação talvez seja a área que menos se desenvolveu nos últimos anos.

Justamente aquela que deu origem à imunologia. A revista Science publicou uma série de artigos sobre o tema. Aqui, imunologistas da UFRJ retomam esses artigos e analisam o papel de processos não-específicos na imunidade adquirida, o que é memória imunológica, o tráfico de linfócitos no organismo, a biologia populacional das moléculas dos antígenos de histocompatibilidade e a complexidade do sistema imune através de modelos matemáticos.

Imunidade adquirida x imunidade inata

Quando o indivíduo entra em contato com um agente infeccioso, é capaz de montar uma resposta imune que se caracteriza por ser específica e por se tornar mais eficiente a cada encontro subsequente. O interesse despertado por esse sistema, que permitiu o primeiro tipo de intervenção clínica preventiva, a vacinação, praticamente ofuscou o fato de existir um outro mecanismo paralelo, menos flexível mas bastante eficiente, também envolvido na defesa contra microorganismos.

O sistema responsável pela resposta imune adquirida, aquela obtida na vacinação, possui uma plasticidade somente comparável ao sistema nervoso. A figura central desse sistema são os linfócitos, que compõem, na realidade, um

Mecanismos universais em qualquer ser humano formam a primeira linha de defesa contra microorganismos e ajudam a otimizar uma reação, preparada sob medida, contra cada invasor.

conjunto de subpopulações celulares. Estas células possuem, na sua superfície, receptores capazes de reconhecer praticamente qualquer substância a que forem expostas. Tais substâncias, que podem ser de natureza diversa (proteínas, carboidratos, grupos químicos bem simples) e fazer parte ou não de microorganismos ou seus pro-

dutores, são conhecidas como antígenos. Cada clone linfocitário possui um receptor capaz de reconhecer um antígeno em particular e estima-se que o sistema imune possa gerar cerca de 10^{11} clones de linfócitos com especificidades diferentes.

A imunidade inata é muito mais antiga, filogeneticamente, do que a adquirida e se

baseia no reconhecimento de açúcares (carboidratos) presentes nas paredes celulares dos microorganismos. Esse sistema é possível porque os carboidratos dos microorganismos possuem funções e estrutura diferente dos carboidratos presentes em células de organismos multicelulares. O reconhecimento é feito através de receptores na superfície de células fagocíticas (por exemplo, os macrófagos nos mamíferos) ou através de proteínas solúveis que, como na cascata do sistema complementar, utilizam essa propriedade.

Frente à fascinação despertada pelo problema da especificidade e adaptabilidade do sistema imune, não é surpreendente que pouca atenção fosse dispensada à imunidade inata, possuidora de um

sistema tão primário de reconhecimento. No entanto, a sua manutenção como um sistema paralelo já indica que apresenta vantagens evolutivas. O que Fearon e Locksley discutem no artigo *The Instructional Role of Innate Immunity in the Acquired Immune Response** é o quanto a imunidade inata representa em termos de um sistema paralelo responsável somente por uma resposta rápida inicial até a resposta adaptativa entrar em ação ou se é, na realidade, um sistema integrado, capaz de modular e determinar a que antígenos o sistema da imunidade adquirida responderá.

A capacidade de adaptar-se a dar respostas contra uma infinidade de substâncias diversas, porém, trouxe problemas: a distinção entre o que é uma substância inócua ou não ficou mais difícil e essa ausência de definição pode atingir estruturas ou

substâncias do próprio organismo. No entanto, a resposta adquirida envolve na sua geração a interação e a integração de diversos tipos celulares e seus produtos, fazendo com seja possível a intervenção e a conseqüente modulação da resposta em diversas dessas etapas. Por exemplo, os linfócitos B e os linfócitos T vêem o antígeno de forma diferente. Enquanto as células B distinguem a forma nativa dos antígenos, as células T só reconhecem pequenos fragmentos peptídicos que se associam a moléculas do CPH (ver artigo de A. Nóbrega, nesta seção). Com isso, os antígenos precisam ser endocitados, processados e apresentados aos linfócitos, o que é feito por células dendríticas, macrófagos etc. A persistência de receptores para carboidratos nessas células, herança da imunidade inata, permite que microorganis-

mos sejam endocitados de forma preferencial e que os macrófagos ou células dendríticas apresentem produtos de microorganismos de uma forma mais seletiva e eficiente do que outras substâncias. De forma análoga, a ativação de linfócitos B pode ser grandemente aumentada através do sistema complemento. Deficiências em proteínas do sistema complemento, por outro lado, estão associadas não só a uma defesa deficiente a microorganismos, mas também ao desenvolvimento de doenças auto-imunes, o que pode até parecer paradoxal, mas sugere um papel dessas proteínas na tolerância imunológica. Linfócitos T produzem e respondem a fatores solúveis conhecidos como citocinas. Algumas dessas citocinas são capazes de determinar a direção da diferenciação das subpopulações de células T. Como essas sub-

populações dão origem a respostas imunes diversas, isto equivale a dizer que a resposta imune pode ser modulada por citocinas. Algumas dessas citocinas como gama interferon, IL-1, TNF, IL-12 e IL-4 podem ser produzidas por elementos da imunidade inata. Estes componentes solúveis podem, então, instruir o sistema imune e direcionar a resposta imune adquirida. Estas, e uma série de outras evidências, sugerem que a imunidade inata, longe de ser um mecanismo redundante no sistema imune, é um elemento fundamental na modulação da resposta imune.

**Science*, vol. 272 (5.4.1996).

Vivian M. Rumjanek

Laboratório de Imunologia Tumoral, Programa de Imunologia, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Memória imunológica

O que é memória? O sistema nervoso (SN) é capaz de armazenar experiências ocorridas ao longo da vida de um indivíduo e processá-las no contexto de novas situações. Esta propriedade, que está associada ao processamento e codificação da informação por uma rede de neurônios, é denominada memória. Se considerada sob este aspecto, memória não é uma peculiaridade do SN, pois o siste-

ma imune também possui a capacidade de processar e codificar experiências passadas e associá-las a situações presentes.

O conceito de memória imunológica surgiu no século XIX, a partir da observação de que indivíduos que sobreviviam a determinadas infecções tornavam-se resistentes àquela infecção. Esta proteção persistia por longos períodos, indicando que o sis-

O sistema imune, como o nervoso, também é capaz de "se lembrar" de fatos passados, reagindo com mais rapidez quando um invasor aparece pela segunda vez.

tema imune não só é capaz de lembrar um encontro ocorrido há muito tempo, mas também possui mecanismos de manutenção de memória.

Normalmente, o número de linfócitos capazes de reconhecer um determinado antígeno é muito pequeno. O encontro de células do siste-

ma imune com um antígeno (oriundo de vírus, parasita, bactéria etc.) estimula a proliferação de linfócitos capazes de reconhecer o antígeno. Este encontro também induz a diferenciação dos linfócitos a células efetoras, que são capazes de remover antígenos circulantes ou destruir células infectadas. Com o desaparecimento do antígeno, a maioria dos linfócitos que o reconhecem morre; mas os que sobrevivem levam a um aumento na frequência de linfócitos específicos para o antígeno. Em um segundo encontro com o antígeno, a resposta imune é mais rápida, de maior intensidade e mais específica que a resposta primária. Estas características, que resultam numa imunidade efetora contra o antígeno, são atribuídas à existência de memória e são mediadas por linfócitos T e B.

Atualmente não há dúvidas de que a memória de linfócitos T é de longa duração. No entanto, embora as células que sobrevivem à resposta primária apresentem alterações qualitativas (tais como aumento da expressão de moléculas de adesão e de receptores de IL-2) que poderiam explicar o fato da resposta secundária ser mais rápida e eficiente do que a primária, a ausência de marcadores específicos dificulta a diferenciação entre células de memória e células efetoras. A distinção entre estes dois tipos celulares tem sido baseada em tamanho e diferenças funcionais.

As condições que levam

uma célula a se tornar efetora ou de memória também não estão bem estabelecidas. Algumas evidências sugerem que a célula de memória se origine de células efetoras num processo determinado pelo nível de estímulo antigênico. A necessidade da presença de antígeno para a manutenção da memória imunológica parece variar com o tipo de linfócito. Neste sentido, alguns estudos sugerem que a memória de linfócitos T CD8 pode se manter na ausência de antígenos, enquanto que para linfócitos T CD4 não existem dados conclusivos quanto à dependência ou não de antígenos para a manutenção da memória.

A memória mediada por linfócitos B parece ser uma característica de antígenos T-dependentes, pois a memória para antígenos T-independentes é muito efêmera. Como pode ser observado para linfócitos T, a resposta secundária mediada por células B é mais rápida, eficiente e específica que a primária. Diferente da memória mediada por linfócitos T, os linfócitos

B de memória e efetores (células plasmáticas, produtoras de anticorpos) parecem advir de precursores independentes e apresentam características morfológicas bem-definidas. A vida curta dos linfócitos B efetores e a persistência de anticorpos circulantes sugerem a necessidade contínua de estimulação antigênica para manutenção da memória B.

Qual a relação entre memória e imunidade protetora? Linfócitos de memória, em si, não são capazes de prevenir infecções. Entretanto, a capacidade de células de memória de se transformarem rapidamente em células efetoras, após o encontro com o antígeno, é fundamental para a imunidade mediada por células de memória, por permitir um controle mais rápido e eficiente da infecção. O fato da memória ser de longa duração favorece a existência de uma imunidade protetora.

Apesar da memória imunológica ter sido extensivamente estudada, algumas questões fundamentais sobre o mecanismo de geração e

manutenção desta memória permanecem em aberto. Por exemplo, existem células especializadas em memória ou esta função é desempenhada pelas efetoras sobreviventes? Estas células provêm de linhagens distintas ou células de memória provêm de células efetoras? Por que a resposta da célula de memória é mais rápida e mais efetiva? A presença de antígeno é necessária para a manutenção de memória? Quanto tempo uma célula de memória vive? Qual a relação entre memória e imunidade protetora? Esta é justamente a discussão que Rafi Ahmed e David Gray fazem no artigo *Immunological Memory and Protective Immunity: Understanding their Relation**.

**Science*, vol. 272 (5.4.1996).

Cerli R. Gattass

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

Tráfego linfocitário e a homeostase do sistema imune

Apesar dos linfócitos serem, talvez, as células mais estudadas, grande parte dessa informação resulta de dados obtidos em cultura de células, uma situação que ignora as relações estruturais existentes

nos tecidos linfóides ou nos sítios de resposta imune. Essa abordagem *in vitro*, que utiliza células isoladas, também não leva em consideração a possibilidade de que os linfócitos, ao migrarem e se posicio-

narem nos tecidos, venham a sofrer influências do próprio processo de migração. Eugene C. Butcher e Louis J. Picker, no artigo *Lymphocyte Homing and Homeostasis**, reavaliam o papel regulatório na res-

posta imune dos processos de tráfego e posicionamento linfocitário

As células do sistema imune possuem a característica de, não só poderem circular pela corrente sanguínea, mas também recircular; isto é, serem capazes de deixar os vasos, penetrar nos tecidos e, através da linfa e dos vasos linfáticos, cair novamente na circulação sanguínea. Esta é uma propriedade fundamental, não só para que ocorra uma resposta imune sistêmica, mas também para permitir que células gerada se maduras na medula óssea ou no timo possam vir a povoar os órgãos e tecidos linfóides. Os estudos pioneiros de Gowans e, depois, Ford, nas décadas de 60 e 70, procuraram entender este processo, que se torna bastante mais complexo quando se verifica que diferentes populações e subpopulações linfocitárias possuem capacidades migratórias diversas. E que o estado de maturação e ativação dessas células pode modificar tais propriedades. Assim, a recirculação não é aleatória e a saída para os tecidos envolve um reconhecimento que controla o acesso de determinadas subpopulações especializadas para tecidos e órgãos definidos, influenciando, dessa maneira, as respostas imunes e inflamatórias locais. A mesma célula, por outro lado, pode apresentar comportamentos migratórios diferentes se se tratar de um linfócito que ainda não entrou em contato com um antígeno (linfócito virgem) ou se já

A circulação de linfócitos entre a corrente sanguínea e os tecidos não ocorre de forma aleatória. Existe um sistema de controle de tráfego muito eficiente que ajuda o sistema imune a se manter estável e a exercer suas funções de defesa.

foi ativado (linfócito efetor/memória).

Além do processo de extravasamento, que direciona as subpopulações para determinados locais, o seu posicionamento no órgão ou tecido em que o linfócito penetrou ocorre em regiões definidas, como foi originalmente observado por De Souza quando descreveu a existência de microambientes que permitiam a localização preferencial de linfócitos T ou linfócitos B (zonas T dependentes ou zonas B dependentes).

Qual a base molecular capaz de regular estes processos de enorme complexidade? Existiriam diferentes moléculas de superfície (e receptores para cada uma delas) específicas para cada subpopulação e para cada estado de ativação celular? Foi Butcher, nos anos 80, que se dedicou a estudar estes processos a nível molecular e que, nesta revisão recente, indica como, com diferentes combinações de um número não tão amplo de moléculas de adesão, e utilizando um sistema sequencial em casca-

ta, é possível regular o tráfego, extravasamento e posicionamento das células do sistema imune.

As moléculas de adesão que medeiam as interações linfócito/célula endotelial (permitindo a saída dos vasos), e que governam as interações dos linfócitos com a matriz extracelular e componentes celulares acessórios como as células dendríticas (determinando a localização dos linfócitos extravasados), pertencem à família das selectinas, integrinas e superfamília das imunoglobulinas. A expressão destas moléculas na superfície das células pode ser modulada, e o artigo indica como o próprio contato inicial dos linfócitos com as células endoteliais das paredes dos vasos pode ativar essas células, levando-as a expressar diferentes moléculas de adesão e a produzir substâncias que podem modular todo o processo. Portanto, um linfócito que foi recrutado do sangue periférico e que migra, através de regiões definidas, nos órgãos ou tecidos, tendo interagido com outras

células e elementos da matriz extracelular, pouco se assemelha àquele estudado *in vitro*, retirado diretamente do sangue periférico ou de órgãos linfóides em que as relações estruturais do microambiente são ignoradas.

As interações locais podem definir se um linfócito se ativa e diferencia ou se morre por um processo de apoptose, ou seja, um tipo de suicídio celular. Considerando que só determinados linfócitos conseguem atingir certas regiões, e que isso é definido pelas suas propriedades migratórias e pela organização do microambiente local, fica claro que o posicionamento linfocitário tem papel primordial na regulação e homeostase do sistema imune.

**Science*, vol. 272 (5.4.1996).

Vivian M. Rumjanek

Laboratório de Imunologia
Tumoral, Instituto de Biofísica
Carlos Chagas Filho,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro.

Modelos matemáticos e infecções virais: o que isto tem a ver com imunologia?

O sistema imune, num sentido amplo, consiste em um conjunto de órgãos, células e moléculas que funcionam de maneira coordenada com outros sistemas, como o nervoso e o endócrino, ajudando a manter a integridade e estabilidade de um organismo normal e reagindo a diversas agressões como tumores e infecções virais ou bacterianas. Em algumas situações, ele pode ainda funcionar de maneira irregular e se voltar contra o próprio organismo, provocando problemas conhecidos como doenças auto-imunes.

O trabalho de imunologistas e outros cientistas, ao longo dos últimos 200 anos, tem se constituído principalmente em decodificar este complexo sistema, evidenciando todos os seus componentes e procurando entender como o conjunto funciona de forma harmônica. Hoje sabemos identificar uma grande variedade de tipos celulares como linfócitos T, linfócitos B e monócitos dentre tantos outros. Cada um pode ainda ser subdividido em subpopulações dependendo da função que exercem, isto é, o tipo de substância que produzem, o tecido onde se situam, os receptores que expressam em sua superfície etc. Centenas de moléculas, como imunoglobu-

Após acumularem dados por 200 anos, os imunologistas formulam modelos simplificados que podem ser tratados matematicamente. Isto ajuda a compreender a infecção por HIV e outros problemas.

linas (anticorpos) e linfocinas (hormônios produzidos por linfócitos como o interferon gama), são conhecidas a nível submolecular. Muito se sabe ainda sobre a regulação da proliferação e diferenciação de muitas células do sistema imune. Os linfócitos, por exemplo, que são um dos principais orquestradores da resposta do organismo a agentes infecciosos, estão entre as células mais estudadas pelos cientistas.

Este quadro, que pode parecer muito complexo e confuso aos olhos dos não-iniciados, por vezes gera o mesmo tipo de sensação nos cientistas que lidam com o sistema imune no dia-a-dia de seus laboratórios. Como formar uma visão ao mesmo tempo abrangente, compreensível e sintética do sistema imune? A resposta a esta pergunta não é simples, mas ao comemorar 200 anos acumulando dados e olhando para

o futuro, alguns imunologistas têm voltado sua atenção para uma poderosa ferramenta: a modelagem matemática. Não uma modelagem globalizante que tente sintetizar tudo em poucas fórmulas, mas uma análise de fenômenos bem-definidos sobre os quais se pode formular perguntas específicas.

O trabalho apresentado por Nowak e Bangham* é um bom exemplo. Os autores tratam da formulação de um modelo para a interação entre um vírus e o sistema imune. Eles se basearam em evidências experimentais obtidas de infecções como HIV-1 (o vírus da AIDS), HTLV-1 (um vírus associado a algumas doenças neurológicas e a leucemias), HBV (o vírus da hepatite B) e CMV (um vírus associado a um tipo de meningite).

Fenômenos simples, como taxa de destruição e reposição de células e vírus po-

dem ser escritos na forma de equações matemáticas, que permitem obter respostas a perguntas importantes. Por exemplo: qual será a quantidade final de um vírus num organismo e qual a quantidade de células destruídas por ele ao se replicar? Qual a relação entre a velocidade de replicação viral (quantidade de vírus produzida por hora) e a velocidade de proliferação das células do sistema imune encarregadas de destruir células infectadas? Quem ganhará a batalha? Esta última pergunta, talvez a mais importante, pode ser formulada matematicamente da seguinte forma: ao fim de certo tempo, quantos vírus, quantas células infectadas, e quantas células não-infectadas existirão no organismo?

Os autores discutem três modelos organizados em grau crescente de complexidade. No primeiro, os vírus se replicam sem interferência do sistema imune. O número de células infectadas e não-infectadas e do vírus atinge o equilíbrio sem a interferência do sistema imune. No segundo, (ver quadro 1) o sistema imune é representado por linfócitos T citotóxicos, um tipo de linfócito que identifica células infectadas e, em resposta, faz pelo menos duas coisas: prolifera, aumentando o seu pró-

prio número para fazer frente a uma crescente população de células infectadas e se gruda a estas células infectadas secretando substâncias tóxicas que as destruirão, inviabilizando a replicação do vírus. No terceiro modelo, já se leva em conta que os vírus são capazes de se modificar, ou seja, sofrer mutações espontâneas, produzindo novos vírus que têm proteínas ligeiramente modificadas mas, em compensação, o organismo produzirá vários grupos de linfócitos citotóxicos, um para cada novo tipo de vírus. Os resultados do primeiro modelo (sem sistema imune) servem de referência para se entender o que acontece quando a replicação viral é contra-atacada pelo sistema imune. A resposta imune normal é bem mais complexa que a ação de linfócitos citotóxicos (por exemplo, a

produção de anticorpos costuma ser um componente importante de certas infecções). No entanto, esta simplificação encontra suporte em experimentos que mostram que os linfócitos citotóxicos são um dos componentes principais em muitas infecções virais.

Dentre outras aplicações, os autores empregam seus modelos para estudar a relação entre três parâmetros importantes (ver quadro 2):

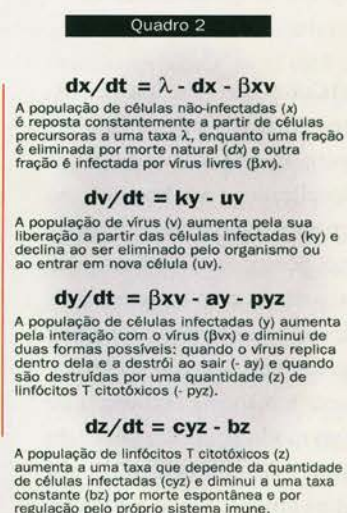
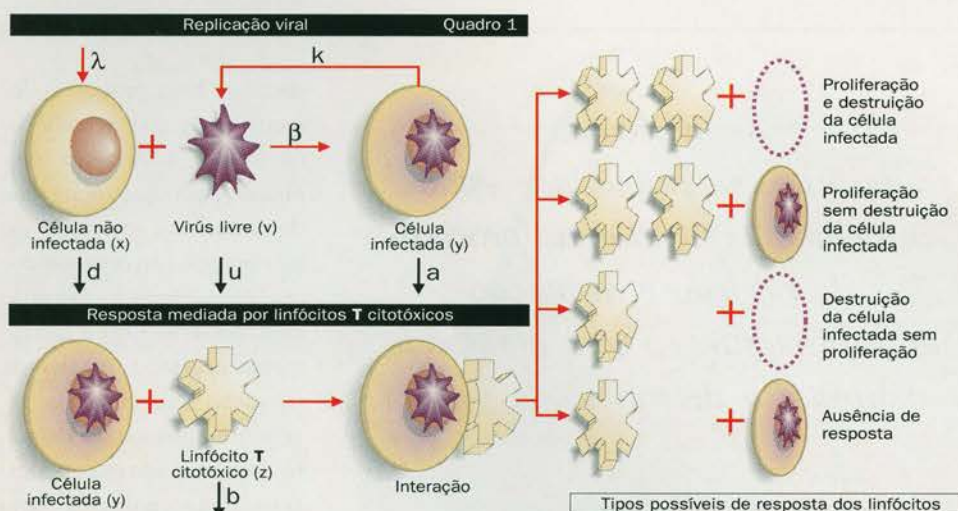
1. A responsividade (c) dos linfócitos citotóxicos, ou seja, a taxa de crescimento de sua população após o encontro com células infectadas.
2. A resposta (z) do sistema imune, ou seja, a quantidade de linfócitos citotóxicos efetivamente encontrados no organismo.
3. A quantidade total do vírus no organismo, representada tanto por vírus livres (v) quanto por células infectadas (y).

Uma conclusão bastante genérica, e que não é óbvia à primeira vista, é que as pessoas que têm uma reação mais efetiva a um vírus se caracterizam por uma boa responsividade, o que limita a quantidade de vírus no organismo levando a uma diminuição do estímulo para a proliferação dos linfócitos citotóxicos. Já as pessoas que têm uma responsividade fraca, passam a ter uma grande quantidade de vírus, o que leva ao aumento do número de linfócitos citotóxicos (muitas células infectadas = grande estímulo para proliferação). Assim, as pessoas com um padrão mais ou menos efetivo de resposta a um vírus podem diferir na quantidade total de vírus (v ou y), mas não necessariamente no número de linfócitos citotóxicos. Esta conclusão tem importantes consequências, por

exemplo, na escolha de quais parâmetros escolher para determinar as condições de um paciente, o melhor tratamento e a possível evolução de seu estado de saúde.

No caso da infecção pelo HIV, as conclusões do parágrafo anterior tem aplicação direta. A população das células que são infectadas pelo vírus, um importante tipo de linfócito, chamado T auxiliar, diminui ao longo do tempo, diminuindo a responsividade dos linfócitos citotóxicos. O modelo prevê algo que realmente pode acontecer: um paciente com poucos linfócitos T auxiliares e muito vírus pode ter uma quantidade de linfócitos citotóxicos similar ao de um paciente que tenha uma quantidade alta ou normal de linfócitos T auxiliares e uma pequena quantidade de vírus.

O trabalho destes e de



A grande quantidade de informação acumulada nos últimos anos, ao mesmo tempo em que revelou a complexidade do sistema imune, permitiu que se começasse a formular modelos matemáticos que expressem de forma sintética, mas abrangente e compreensível, fenômenos complexos como a resposta do sistema imune a uma infecção viral. O sistema é simplificado ao máximo para permitir o tratamento matemático. Uma população de x células não infectadas, v vírus livres e y células infectadas coexistem em equilíbrio ou num quase-equilíbrio. Cada população é influenciada por fatores que a aumentam ou diminuem, expressos como componentes de uma equação diferencial simples. O sistema imune é representado pela quantidade de linfócitos T citotóxicos (z). Nas equações à direita, (d) é variação e (t) é tempo.

outros cientistas tem dado grande visibilidade a uma face pouco explorada da metodologia de pesquisa na área biológica em geral e da imunologia em particular: o emprego de modelos matemáticos que, uma vez alimentados por dados medidos em laboratório, possibilitam formar uma visão útil do sistema estudado, revelando aspectos até então não apreciados do fenômeno (no caso, a relação entre uma infecção viral e o sistema imune), e apontar novos caminhos que levam à realização de novos experimentos que, por sua vez façam avançar o conhecimen-

to do fenômeno.

Esta metodologia não é muito familiar para a maioria dos estudantes e cientistas da área biológica, mas é intensivamente empregada por outros cientistas experimentais como os físicos, por exemplo. Equações matemáticas são empregadas para representar os parâmetros mais importantes de uma infecção viral. Para tornar um problema muito complexo tratável sob o aspecto de cálculos matemáticos, hipóteses simplificadoras são adotadas e suas consequências são exploradas ao máximo, mesmo se sabendo que a situação real é

muito mais complexa. Encontrar fatos que não se encaixam no modelo não torna esta tática errada. Pelo contrário, a procura de modelos mais exatos, decorrentes sempre da interação entre experimentação e modelagem leva inevitavelmente a uma melhoria na nossa compreensão do fenômeno em estudo.

Precisamos aprender a conviver com a precisão da lógica matemática aplicada aos fenômenos biológicos e já é tempo de se popularizar essa necessidade no sistema imunológico, onde o grande avanço obtido nos últimos 30

anos gerou uma quantidade enorme de informações, geralmente detalhadas a nível celular e molecular, que precisam agora ser organizados pela formulação sintética e poderosa da matemática. O problema é encontrar quem possa fazê-lo. O desafio está lançado.

**Science, vol. 272 (5.4.1996).*

Pedro Persechini

*Laboratório de Imunobiofísica,
Instituto de Biofísica Carlos
Chagas Filho, Universidade
Federal do Rio de Janeiro.*

Moléculas de histocompatibilidade: biologia populacional e evolução

O Complexo Principal de Histocompatibilidade (CPH) consiste numa série de genes localizados, no homem, no cromossomo 6. Este complexo gênico está intimamente associado com o processo de rejeição e aceitação de transplantes de órgãos e tecidos, e com a resposta imunitária de um modo geral. Os genes do CPH são classificados em dois grupos, Classe I e Classe II, e codificam moléculas que se localizam na membrana plasmática da célula. As moléculas CPH de Classe I estão abundantemente presentes, com raras exceções, em to-

*As moléculas
de histocompatibilidade estão
intimamente ligadas ao processo
de rejeição e aceitação
de transplantes, e com a resposta
imunitária de um modo geral.*

das as células do organismo, enquanto que as moléculas CPH de Classe II apresentam uma distribuição restrita a células apresentadoras de antígenos (linfócitos B, macró-

fagos, células dendríticas).

Devido ao papel essencial desempenhado pelas moléculas CPH na resposta imunitária, estas têm sido objeto de intenso estudo nas últimas

décadas. Estas pesquisas demonstraram que as moléculas CPH se associam a fragmentos peptídicos derivados de antígenos, próprios ou não-próprios ao organismo e que este complexo formado pela molécula CPH e o fragmento peptídico é o alvo da interação molecular do receptor antigênico do linfócito T. O resultado exitoso desta interação, conhecida como reconhecimento antigênico restrito por moléculas CPH, desempenha um papel essencial na geração da resposta imunitária, como também no amadurecimento de linfócitos.

tos T no timo. No artigo publicado na *Science*, Peter Parham e Tomoko Ohta* discutem a biologia populacional dessas moléculas.

Uma das características mais marcantes do CPH é o extenso polimorfismo apresentado pelos alelos de seus *loci*. Este exuberante polimorfismo não encontra paralelo em outros sistemas genéticos conhecidos. O número de alelos atualmente conhecidos de CPH é de 266 para os genes de Classe I, e de 314 para os genes de Classe II, e não existe predominância evidente de um alelo sobre os outros. A função biológica deste polimorfismo no processo evolutivo tem sido atribuída à melhor defesa da espécie frente a doenças infecciosas. Esta hipótese se baseia na fisiologia do processamento e apresentação de antígeno, que resulta na formação de complexos de moléculas CPH associados a fragmentos peptídicos. A associação destes fragmentos com moléculas CPH é seletiva, de modo que um antígeno pode passar despercebido pelo sistema imunitário se os fragmentos peptídicos derivados deste não conseguem formar complexos com moléculas CPH codificadas por um dado alelo, o que no caso de um agente infeccioso poderia resultar numa elevada morbidade da respectiva doença. Deste modo a diversidade dos alelos permitiria que um número significativo de indivíduos da espécie fosse capaz de gerar uma resposta imunitária con-

tra o agente infeccioso, pois haveria uma eficiente apresentação antigênica.

Durante quase três décadas, a identificação dos diferentes alelos dos genes Classe I e II foi realizada por métodos sorológicos, baseados em anticorpos capazes de discriminar entre os diversos variantes estruturais das moléculas de histocompatibilidade. Todavia esta metodologia não permite discriminar todos os alelos, pois nem sempre é possível se encontrar um anti-soro adequado. Com o advento dos métodos de seqüenciamento do ADN, tem sido possível realizar a identificação definitiva dos alelos conhecidos, assim como descobrir novos alelos previamente não detectados por sorologia. Este trabalho está quase completo para os alelos de Classe II, mas apenas se inicia para os alelos de Classe I. Os resultados já obtidos mostram que o polimorfismo do CPH é ainda mais elevado do que se imaginava.

A origem da grande diversidade de alelos dos *loci* do CPH constitui uma importante questão biológica, com espe-

cial relevância com respeito aos mecanismos do processo evolutivo. A teoria da evolução molecular neutra (*neutral theory of molecular evolution*) propõe que o principal mecanismo de fixação de novos mutantes se dê pela deriva gênica. De acordo com esta vertente, genes mutantes são gerados por mutações ao acaso, e na sua maioria resultam em alelos de equivalente valor adaptativo, mutações neutras ou quase-neutras, de modo que a sua fixação na população raramente se fará por seleção natural. Numa população numericamente pequena, estatisticamente somente alguns alelos conseguirão permanecer, e como seus valores adaptativos são praticamente equivalentes, o acaso tem um papel predominante neste processo de deriva gênica.

Para testar se a hipótese da teoria neutra da evolução está correta, pode-se lançar mão da comparação de mutações em regiões do ADN que codificam os genes do CPH, e regiões adjacentes sem função codificante, ou reguladora, conhecida. Mutações

pontuais podem alterar o códon sem mudar o aminoácido correspondente – mutações não-sinônimas. A seleção natural não pode atuar na seleção de mutações sinônimas, de modo que a comparação da frequência de mutações sinônimas e não-sinônimas, nas regiões codificantes e não-codificantes, pode revelar a existência de seleção natural. Uma maior presença de mutações não-sinônimas nas regiões codificantes indica que a seleção natural desempenhou algum papel na seleção dos alelos mutantes. De fato, este parece ser o caso para mutações pontuais em algumas posições características dos genes de CPH. A determinação da estrutura e função das moléculas CPH revelou que estas posições correspondem a aminoácidos que se encontram na fenda onde o fragmento peptídico se aloja, o que é muito sugestivo do possível valor adaptativo destas mutações, de modo que não somente mutações neutras e deriva gênica, como também a seleção natural participariam da fixação de novos alelos.

Seja qual for a importância relativa da deriva gênica ou da seleção natural na fixação de novos alelos, a sua manutenção dependerá muito do número de indivíduos do grupo. Este aspecto adquire importância quando se considera horizontes de tempo maiores que incluem o desaparecimento e aparecimento de novas espécies. O paradigma clássico do apa-

Uma das características marcantes do CPH é o extenso polimorfismo apresentado pelos alelos deste conjunto de genes.

recimento de novas espécies a partir de grupos relativamente pequenos que se mantiveram isolados por longo período de tempo, implica que a nova espécie se estabelece com uma pequena diversidade genética, devido ao pequeno número de indivíduos da população fundadora. Esta conclusão se choca com a grande diversidade dos alelos do CPH, e um cenário alternativo, onde

a especiação ocorreria no seio de uma população numerosa, foi proposto. Deste modo, a diversidade alélica passaria de uma espécie a outra, o que se denomina de transespeciação, uma noção mais complexa e controversa que o paradigma clássico. A comparação dos genes de diferentes espécies pode trazer evidências de transespeciação dos genes do CPH. A comparação entre o homem e o camundongo, afastados por cerca de 80 milhões de anos de evolução, mostrou que pouca ou nenhuma correspondência existe entre os seus genes do CPH. A comparação com primatas evoluídos revela uma maior proximidade genética, suficiente para se estabelecer famílias de alelos agrupados por homologia, que resistiu por longo período de tempo, cerca de 20 a 40 milhões de anos. A partir das taxas de mutação observadas para diversos genes, e o CPH não parece ser uma exceção, cerca de 2 milhões de anos seriam necessários para que um alelo mutante se estabeleça na população. De modo que a

homologia entre genes de espécies próximas dificilmente poderia ser explicada pelo aparecimento de novos alelos mutantes, semelhantes ao da espécie vizinha. A homologia entre alelos torna-se aceitável se levarmos em conta a possibilidade de transespeciação.

Todavia, mesmo entre o homem e o chimpanzé, separados por cerca de 5 milhões de anos, não se encontrou sequer um alelo idêntico, demonstrando que estes sofrem uma acentuada modificação num período de tempo relativamente curto em termos evolutivos. Levando-se em consideração o pequeno impacto de mutações neste espaço de tempo, a diversidade encontrada entre espécies próximas é surpreendentemente alta. Outro mecanismo de diversificação gênica parece ser responsável por esta diversidade: a recombinação gênica, ou conversão gênica.

Os diferentes alelos do CPH de uma dada espécie apresentam considerável homologia de sequência de nucleotídeos, favorecendo o

fenômeno de recombinação gênica onde sequências de nucleotídeos de um dado alelo se inserem, ou são trocadas, por sequências de nucleotídeos do outro alelo, resultando num novo alelo idêntico ao original, exceto por uma região contígua de nucleotídeos. Estes alelos mutantes se diferenciam, portanto, das mutações pontuais. Este mecanismo é capaz de gerar uma grande diversidade de novos alelos a partir de um número limitado de genes iniciais. Os estudos com genes CPH de Classe I no homem evidenciaram que, com exceção de quatro alelos, todos os outros derivam por conversão gênica entre si. Este resultado mostra claramente o pequeno papel das mutações pontuais na geração de novos alelos CPH de Classe I na espécie humana, e permite especular que, apesar da transespeciação, a diversidade dos alelos entre espécies pode se explicar pelo mecanismo de conversão gênica, desde que este ocorra com frequência suficiente.

O acentuado polimorfismo do CPH torna este sistema

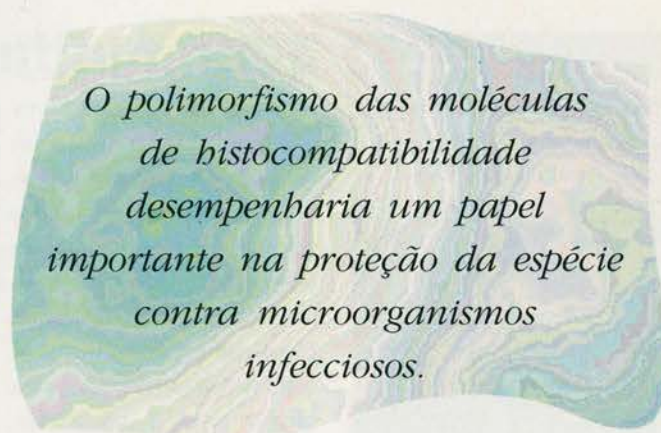
ideal para o rastreamento de migrações humanas. A entrada do homem no continente norte-americano quase certamente se deu por migração através do atual estreito de Behring, provavelmente se há 40 mil anos. A análise comparativa dos alelos de CPH de Classe I de populações indígenas norte-americanas, com populações euroasiáticas presumivelmente relacionadas com a população migrante original, revelou que 17 genes presentes na população indígena são idênticos aos alelos da população euroasiática original. A população fundadora apresentaria um total de 20 alelos CPH de Classe I. Na população indígena três alelos se perderam, e dois novos alelos foram encontrados, oriundos dos originais por conversão gênica. Este resultado mostra o alcance deste tipo de estudo para questões antropológicas.

Curiosamente, os alelos encontrados nas populações indígenas sul-americanas são na sua maioria diferentes dos alelos originais. Ao todo foram encontrados 28 novos genes, gerados por conver-

*A diversidade genética do CPH,
e sua função essencial na resposta
imunitária, torna este sistema de genes
um modelo muito interessante
para o estudo dos principais mecanismos
de evolução molecular.*

são gênica, e 16 genes originais. No total do continente sul-americano, o número de genes aumentou em relação à população fundadora. Interessantemente, cada população indígena, isoladamente, apresenta somente cerca de uma dezena de alelos característicos. O caso mais extremo encontrado refere-se aos índios Guaranis no sul do Brasil, onde não se encontrou sequer um único alelo original; todos os oito alelos encontrados são novos e derivam por conversão gênica dos alelos originais. Embora não se possa excluir a possibilidade de uma migração pelo sul do oceano Pacífico, estes dados revelam que o fenômeno de conversão gênica ocorre com frequência suficiente alta para explicar a geração de diversidade genética, e a divergência entre espécies proximamente relacionadas.

Deriva gênica, transespeciação e conversão gênica muito provavelmente foram os mecanismos da geração do extenso polimorfismo dos genes do CPH. Todavia estes mesmos mecanismos poderiam servir para a geração de polimorfismo de qualquer outros *loci* de genes homólogos entre si. De modo que algo mais deve estar participando para que os novos alelos gerados se estabeleçam, e que alelos mais antigos não desapareçam, de modo que o polimorfismo do CPH se mantenha ou se amplifique. Admitindo-se que a principal pressão seletiva sobre o sistema imunitário seja



O polimorfismo das moléculas de histocompatibilidade desempenharia um papel importante na proteção da espécie contra microorganismos infecciosos.

devido aos microorganismos infecciosos, a enorme diversidade destes últimos impediria a redução do polimorfismo do CPH da espécie hospedeira, num fenômeno chamado de seleção natural sobredominante. O mecanismo desta pressão seletiva se daria da seguinte forma: se um alelo se tornasse predominante na população, algum microorganismo variante poderia se tornar perigoso e mesmo letal para o hospedeiro que expressa tal alelo, levando à redução da frequência do mesmo na população. Pelo mesmo princípio, a co-dominância e heterozigose do CPH são características desejáveis num contexto de seleção sobredominante. Um achado bastante instigante, que também poderia ser atribuído à seleção sobredominante, foi a verificação que os alelos de CPH Classe I humanos chamados HLA-A podem ser classificados em famílias adaptadas à apresentação de peptídeos ácidos, básicos, neutros e hidrofóbicos, respectivamente, cobrindo todo o espectro de ligações.

Não se pode excluir que, numa população isolada submetida a uma infecção continuada por um determinado microorganismo, ocorra um aumento significativo da frequência de alelos com algum valor de proteção. Tem-se sugerido que este seria o caso de populações indígenas da África Ocidental, onde a malária é endêmica. Foi observado uma predominância do alelo HLA-B*5301 nestas populações. Este alelo é derivado por conversão gênica do alelo HLA-B*3501. Todavia estas predominâncias tendem a ser temporárias, pois como observado acima, variantes do mesmo parasita, ou outro microorganismo não tardariam a se adaptar para explorar a predominância do novo alelo.

Em conclusão, o estudo da biologia populacional dos alelos do CPH de Classe I revela o intrincado jogo de equilíbrio entre deriva gênica, transespeciação, conversão gênica e seleção natural sobredominante, que estabelecem e mantêm o polimorfismo do CPH. É interessante notar que existem moléculas

aparentadas às de Classe I do CPH, ditas Classe Ib, especializadas na apresentação de antígenos oriundos de bactérias, mais especificamente peptídeos contendo N-formil-metionina. Este *locus*, conhecido no camundongo como Hmt2, não apresenta polimorfismo, ilustrando a extrema especialização deste, num contraste evidente com as pressões sobredominantes que atuam sobre o CPH. É interessante ressaltar que as populações indígenas se mantiveram com um número restrito de alelos CPH de Classe I (20 a 10) contrastando com o elevado número de alelos encontrados nas nossas modernas cidades e megalópolises. Esta grande diversidade localizada se deve mais a pressões de ordem socioeconômicas do que propriamente biológicas. Modelos computacionais para a simulação de processos evolutivos do *locus* CPH, incorporando achados e especulações descritos neste artigo, serão no futuro de grande valia para um melhor entendimento e caracterização do papel das moléculas de histocompatibilidade na apresentação de antígenos, e no amadurecimento e seleção do repertório de linfócitos T.

* *Science*, vol. 272, (1996).

Alberto da Nóbrega

Departamento de Imunologia,
Instituto de Microbiologia,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro.

A resistência da teia de aranha

Apesar de terem matérias-primas limitadas (proteínas, polissacarídeos e certas substâncias minerais simples), animais e plantas fabricam os mais variados tipos de tecidos com propriedades determinadas como óticas, mecânicas, ou mesmo sensibilidade ambiental.

Há muito tempo, especialistas em ciência dos materiais vêm procurando entender a biologia desses processos de fabricação para poder controlar as propriedades dos materiais sintéticos. O fio tecido pelas aranhas para fabricar suas teias, por exemplo, tem uma força e uma dureza nunca reproduzidas nas fibras sintéticas.

As propriedades físicas e a composição do fio produzido pelas aranhas já são conhecidas há algum tempo. Lynn W. Jelinski e sua equipe, da Universidade de Cornell (EUA), conseguiu estudar, por ressonância magnética nuclear, a orientação das moléculas componentes, verificando a existência de duas populações de microcristais, uma delas fortemente orientada em relação ao eixo do fio e a outra fracamente orientada.

O grupo de Jelinski propõe, com base nesses resultados, um modelo estrutural do fio, responsável por sua elevada resistência a tensões e dificuldade de ruptura. A proposta concorda com o modelo teórico desenvolvido recentemente pela DuPont.

Além das repercussões de tais resultados na ciência de

materiais, eles oferecem novas perspectivas para a produção de fibras resistentes por síntese biológica.

Science, vol. 271, p. 39 (1996).



A aranha tece o fio mais forte e resistente do que materiais macromoleculares sintéticos.

Pintando os cromossomos

Pela primeira vez, cromossomos foram coloridos com vários matizes diferentes. Isto foi conseguido por um grupo de geneticistas, da Universidade de Yale (EUA).

Desde 1988, a técnica de 'pintar' os cromossomos usava moléculas fluorescentes para colorir as cadeias de DNA. Entretanto, só um cromossomo era marcado de cada vez, o que não era adequado para os estudos dos pesquisadores, que necessitam ver todos eles ao mesmo tempo.

Michael Speicher e seus colegas de Yale desenvolveram uma técnica que permite colorir todos os cromossomos, facilitando as observações de pesquisadores e médicos, como verificar se uma parte de um cromossomo está ligada a outro, detectar a presença de um DNA adicional ou monitorar o rearranjo do conjunto de cromossomos em células de tumores.

A técnica utiliza combinações de cinco moléculas fluo-

rescentes diferentes para dar cor seletiva aos 24 cromossomos. Os corantes se ligam a porções de DNA, presas a um determinado cromossomo, e emitem, portanto, luz fluorescente de comprimentos de onda característicos. Com filtros especiais que só deixam passar uma faixa estreita de comprimentos de onda, uma câmera presa a um microscópio e um computador, esses comprimentos de onda são traduzidos em diferentes cores. Tem-se aí os cromossomos marcados com códigos de cores!

Segundo Speicher, essa técnica pode ser útil para identificar regiões de DNA que são idênticas entre espécies. E, como porções de DNA também se ligam ao RNA, os pesquisadores podem entender melhor como funciona um determinado gene.

Science, vol. 272, p. 35 (1996).



Cromossomos coloridos com o uso de cinco moléculas fluorescentes.

Íon esquizofrênico realiza "gatinho de Schroedinger"

Um corpo pode ocupar ao mesmo tempo dois lugares diferentes no espaço? Na física quântica, isso é possível na escala microscópica. A equipe de David J. Wineland, do



Dois estados quânticos de um íon oscilando ao mesmo tempo.

Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia de Boulder (EUA), conseguiu realizar essa situação aparentemente paradoxal, com separações espaciais na escala mesoscópica (intermediária entre micro e macroscópica), utilizando pulsos de *laser* e um íon de berílio capturado numa armadilha. Essa é a primeira realização experimental de um sistema análogo ao célebre "gato de Schroedinger", descrito por Erwin Schroedinger numa 'experiência mental' que levaria a uma superposição quântica de um estado em que o gato estaria vivo e outro, simultâneo, em que estaria morto. Tratando-se da escala mesoscópica, e não macroscópica, a expressão "gatinho de Schroedinger" seria mais apropriada.

Science, vol. 272, p. 1.101 (1996).

Mutações em genes prolongam a vida

Um grupo de genes *clock* (*clk*), ao sofrer mutações, pode aumentar, em até cinco vezes, a expectativa de vida de um verme da classe dos nematódeos. Esse é o maior acréscimo na duração normal da vida jamais visto em qualquer organismo. A descoberta foi efetuada por Bernard

Lakowski e Siegfried Hekomi, da Universidade de McGill (Canadá), usando como modelo para o estudo da genética do envelhecimento, o *Caenorhabditis elegans*. Os pesquisadores esperam que os resultados obtidos possam ser aplicados em organismos mais complexos.

Science, vol. 272, p. 949 (1996).



Exemplar de um nematóide.

Novidades sobre a origem da vida

A hipótese mais aceita sobre a origem da vida, baseada num 'mundo de RNA', acaba de ser reforçada por Jack W. Szostak e P. Lohse, da Escola de Medicina de Harvard (EUA), que conseguiram catalizar a transferência do aminoácido metionina de um fragmento de tRNA (*transferRNA*) para ele próprio. Embora o resultado da reação não seja um peptídeo, o mecanismo químico é semelhante, sugerindo que o RNA é capaz de catalizar a síntese de proteínas.

Nature, vol. 381, p. 442 (1996).

Irradiação solar e clima

Além da variação da irradiação solar durante o ciclo de 11 anos de manchas solares, a modulação resultante dos

níveis de ozônio estratosférico também tem impacto sobre a variação do clima. A revelação, feita por Joanna D. Haigh, do Imperial College de Londres (Inglaterra), mostra os resultados de um modelo, simulado em computador, sugerindo que um aumento na temperatura estratosférica, devido a uma irradiação solar maior, resulta em ventos do leste mais fortes durante o verão e permite a transmissão dos efeitos solares da estratosfera para a troposfera.

Science, vol. 272, p. 981 (1996).

Dispositivo para os astrônomos

Astrônomos e outros cientistas que lidam com sensoramento remoto gostariam de conseguir detectar a localização, o instante de chegada, a energia e a polarização dos fótons (partículas associadas à luz) que atingem seus instrumentos. O desenvolvimento de um detector de fótons individuais que também mede sua energia pode levar a uma revolução na astronomia, assim como ao melhoramento das imagens obtidas nos equipamentos de medicina, como tomografia, ecografia, RMN.

A. Peacock, da Agência Espacial Européia na Holanda, e colaboradores, mostram que um dispositivo supercondutor pode superar as limitações dos detectores até agora utilizados pelos astrônomos. A previsão de uma nova geração de detectores para a astronomia e outros campos é promissora.

Atualmente, o dispositivo de carga acoplada (CCD) é o

detector de fótons preferido pelos astrônomos. Entretanto, ele apresenta certos inconvenientes. Um dos principais é a falta de poder de resolução intrínseco em comprimentos de onda e em tempo. A única maneira de selecionar um comprimento de onda específico é colocando filtros na frente do detector, o que torna o sistema todo menos eficiente. *Nature*, vol. 381, p. 135, (1996).

A tinta azul dos Mayas

Por que a cor azul das pinturas de cerâmicas e outros artefatos Mayas, índios da América Central, resiste até hoje aos ácidos e à biocorrosão? Pesquisadores mexicanos, M. Yacamán; Luis Redón, J. Arenas e Mari Carmen Serra Puche tentam entender o fenômeno.

Eles estudaram amostras autênticas usando microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução, espectroscopia eletrônica de perda de elétron e microanálise por difração de raios X. Ficou claro, então, que a pintura é formada por duas camadas: 1) Uma constituída por cristais de certas argilas que formam uma super-rede provavelmente como resultado da mistura com moléculas de índigo, substância de cor azulada; 2) Outra com substrato de silicato amorfo que contém inclusões de partículas de nanometal encapsuladas nele e nanopartículas de óxidos desses metais na sua superfície. O belo colorido azul é obtido quando estão presentes tanto as partículas quanto a super-rede.

Science, vol. 273, p. 223 (1996).



Mural do sítio arqueológico de Cacaxtla (México) no qual aparece a cor azul dos Mayas.

Nitrato nas verduras causa controvérsia

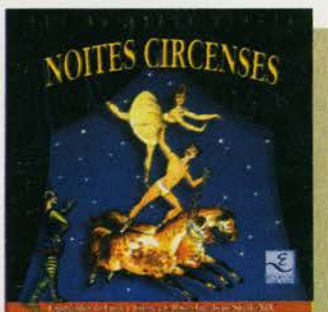
Os nitratos encontrados nas verduras, principalmente alface e espinafre, podem ser benéficos para a saúde. É o que mostra Ben Benjamin, patologista da Universidade de Aberdeen (Escócia), contrariando a Comissão Européia que planeja restringir os teores da substância nesses vegetais, por suspeitar que potencialmente ela cause câncer de estômago.

Benjamin descobriu que os nitratos retidos na saliva humana, após ingestão de verduras, são convertidos em nitritos por bactérias que vivem na língua. No estômago, o ácido clorídrico transforma esses nitritos em óxido nítrico gasoso que, combinado com ele, destrói bactérias como salmonela e shiguela.

Nitratos também são sintetizados no organismo, mas os encontrados na saliva vêm na maioria da alimentação. Benjamin afirma que não seria sábio limitar os níveis de nitratos na alimentação até que os pesquisadores determinem se o suplemento é útil na proteção contra as infecções.

New Scientist, 20/07/96.

Circo e história



Noites Circenses.
Espetáculos de Teatro em
Minas Gerais no Século XIX.
Regina Horta Duarte.
São Paulo,
Editora da Unicamp, 1995.

Os circenses deveriam fazer festa – se lessem livros eruditos e não fossem a própria festa. Um assunto de bibliografia tão parca, e, agora, finalmente um livro exaustivo sobre eles, ainda que restrito a Minas Gerais e ao século XIX. E estas *Noites Circenses* são primorosas. Regina Horta Duarte nos dá um exemplo de como fazer história cultural de maneira séria e competente – história deixada de lado ou tratada com grande displicência entre nós.

A autora faz extraordinário levantamento de fontes que inclui desde anúncios e artigos de jornais, passando por livros de memórias e narrativas de viajantes até relatórios de chefes provinciais, livros de leis, posturas municipais etc. Parece que nenhuma referência possível foi deixada de lado. A autora se baseia numa bibliografia do século XIX, partilhando com Laura de Mello e Souza (*Desclassificados do Ouro*) a idéia de que a Minas do século XVIII não era homogenea-

mente rica; com Maria Sylvia de Carvalho Franco (*Homens Livres na Sociedade Escravocrata*), que a do século XIX não era homogeneamente decadente; e, ainda, com Ilmar Mattos (*O Tempo Saquarema*), no afirmar existir um modelo liberal implantado pela ordem conservadora e trabalhando nos limites, nas bordas, da implantação desse projeto.

Regina Horta Duarte apoia-se, num nível mais teórico, no pensamento de Deleuze/Guattari e de Michel Foucault para explorar a implantação de uma ordem nacional medida através de práticas e saberes, bem como para analisar as múltiplas linhas de fuga que vai encontrando em sua evidências documentais.

A terra e seus usos, os mapas e as estradas (se possível construídas em linha reta), as medidas, os controles das águas, das terras devolutas, dos cemitérios, dos matadouros, prisões, casas de correção, recrutamento, controle de vadios, mendigos, prosti-

tutas, homens pobres livres (numa sociedade escravocrata que lhes negava trabalho), recrutamento militar para bandidos e fugidos, catequese para índios, os exemplos não terminam – tudo era tentativa de fixação e delimitação, para poder criar uma província e um país produtivo, racional, ordenado, inserido no contexto das nações consideradas civilizadas. Em contraponto, os circenses se ligavam ao nomadismo, à ciganagem, a fugas, a seduções – exatamente ao inverso daquela ordem; próximos à gente de teatro, seus irmãos de palco e movimento no território e na sociedade.

O teatro e sua gente, no entanto, negavam o simulacro, a imaginação, o sonho; inseriam-se num contexto de verossimilhança e representação da realidade, com textos escritos, em casas teatrais e não tendas, crítica especializada, ligações com a capital – com o centro e com o poder –, que os fazia muito mais agentes da ordem, do plausível, do racional, da moral e dos costumes contemporâneos. Regina Horta Duarte mostra como os circenses, ao contrário, com seus picadeiros, seus cavalinhos, seus mágicos, seus prestidigitadores, suas máquinas e bonecos, trapezistas, contorcionistas, malabaristas, acrobatas e, principalmente, seus palhaços (estes, desde que entravam nas cidades montados de costas nos burros, ameaçando, pela só presença, roubar crianças e donzelas!), eram ao mesmo tempo uma força

sedutora e ameaçadora da ordem, subversiva.

O livro examina o fenômeno, até o final do século, já quando o cinematógrafo começava a ocupar muitos teatros, e os circos introduzem o teatro-circo. E aqui pergunta-se a autora se esses melodramas não seriam mais uma linha de fuga – já agora ao nacionalismo moralista propugnado por um José de Alencar ou mesmo um Machado de Assis.

O trabalho examina as fimbrias do sistema cultural, que talvez tenha nos ficado a dever as origens da ligação entre teatro e circo (teatro mambembe, autos religiosos); bem como a retomada da discussão teórica com que inicia o livro, já agora à luz dos achados da pesquisa. Mas isto é secundário.

O importante é que sua estratégia da abordagem, quase como obra aberta, nos permite projetar suas conclusões para Minas e para todo o país. O modelo torna-se, de certa maneira, um modelo nacional, em que se confrontam a tentativa de implantação de uma ordem controladora liberal, mas diversas resistências, inclusive do próprio latifúndio conservador, criam espaços onde vai se implantando, com dificuldades, mas com naturalidade, a nossa desordem nacional e suas surpresas. Entre elas, os circos e os espetáculos – deslumbramento de crianças e paixão de adultos.

Virgílio Costa

Casa de Rui Barbosa



**Estratégias empresariais
na indústria brasileira:
discutindo mudanças**

Antonio Barros de Castro,
Mario Luiz Possas
e Adriano Proença (org.).

Rio de Janeiro;

Forense Universitária, 1996.

Esta coletânea oferece aos leitores amplo painel da nova realidade econômico-industrial brasileira. Trata-se de revisão histórica do processo de trabalho na indústria, que discute, entre outras questões, o surgimento de novos conceitos de gestão empresarial, a necessidade de formação de nova cultura técnica e as mudanças em curso na indústria.



Vozes da origem

Betty Mindlin e narradores

Suruí. São Paulo;

Editora Ática, 1996.

Tradução do livro da antropóloga Betty Mindlin que reúne vários mitos dos índios Suruí de Rondônia. São histórias contadas à antropóloga, em língua indígena, pelos narradores mais velhos, que cresceram e se tornaram adultos na floresta amazônica antes do primeiro contato pacífico de seu povo com a sociedade

brasileira. O original, em inglês, foi lançado, em 1995, nos Estados Unidos pelo Instituto de Estudos Latino-americanos, da Universidade do Texas.



Fundamentos da Bioética

Léo Pessini e Christian de Paul
de Barchifontaine (org.). São

Paulo. Paulus, 1996.

Os textos reunidos neste livro foram apresentados e discutidos nos três Congressos Brasileiros de Bioética e Saúde. Os trabalhos, de pesquisadores de várias áreas, tratam dos fundamentos da bioética, da relação de bioética e genética e de questões ligadas ao final da vida – como eutanásia, bioética e demografia – entre outros.



**História, Ciências e Saúde
- Manguinhos,**

nº 3, vol. 2, nov./95 - fev./96

CASA DE OSWALDO CRUZ

Este número da revista da Casa de Oswaldo Cruz dedica grande espaço à seção Análise, que traz um artigo sobre a juventude de Louis Pasteur, baseado em cartas do pesquisador a seus pais. Outro texto que merece destaque refere-se aos estudos de ciência e

tecnologia diante do conceito de agente cognitivo. Em Imagens, um edifício colonial construído pelos jesuítas no século XVIII.



**Estudos Históricos -
Cultura e História Urbana,**

nº 16, vol. 8, jul./dez./95

EDITORA DA FUNDAÇÃO

GETÚLIO VARGAS

O leitor encontrará no volume 16 de Estudos Históricos, publicação da Fundação Getúlio Vargas, vários artigos sobre o tema Cultura Popular e História Urbana. Entre eles "Cultura Popular: revisitando um conceito historiográfico", trava uma discussão sobre os vários conceitos de cultura popular e "Estilo de vida urbana e modernidade", diz que paralelamente a uma reorganização do espaço, às transformações na economia e vida política, a metrópole contemporânea está associada a modos específicos de construção da realidade.



Novos Estudos

- CEBRAP, nº 45, jul./96

CENTRO BRASILEIRO DE ANÁLISE
E PLANEJAMENTO (CEBRAP)

O número de julho da revista do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento publica

quatro artigos que compõem o 'dossiê cidades'. Os textos tratam das rápidas transformações que as grandes cidades – entre elas, Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre – sofrem em todo o mundo e das diferentes estratégias de ajuste à globalização. A revista discute ainda as dificuldades do processo de efetivação da proposta de União Européia, bem como as consequências da globalização para o emprego.



Mana

Programa de Pós-graduação
em Antropologia Social -

Museu Nacional/UFRJ. Mana -
estudos de Antropologia Social,
vol. 2, nº 1, abr./96.

A revista do PPGAS/UFRJ publica trabalhos inéditos em diversas áreas do conhecimento relacionadas com a Antropologia Social em seu sentido mais amplo. Este volume traz, entre outros trabalhos, o artigo "Mediação e Metamorfose", que trata do papel do mediador – especificamente da figura do político – em sociedades complexas, correlacionando-as com a noção de metamorfose. Um outro texto "Cristãos sem fé: alguns aspectos da conversão dos warí (Pakaa Nova)", discute a relação dessa tribo com o cristianismo, tentando compreender o que significou para eles essa conversão.

DEMOGRAFIA FOLIAR: CONTANDO FOLHAS NO BRAÇO-DE-PREGUIÇA

A insolação intensa em uma clareira recém-criada dentro de uma floresta acelera o crescimento das plantas, mas também pode reduzir a longevidade de folhas individuais e a idade média de uma população de folhas. O estudo das mudanças numéricas das folhas ao longo do tempo e o conjunto de folhas de uma planta pode ser estudado como se estuda uma população humana, tendo como parâmetros básicos as taxas de natalidade e mortalidade de folhas individuais. Com esse estudo – a demografia foliar – **FELIPE ANDRÉ PONCE DE LEÓN DA COSTA**, do Programa de pós-graduação em Ecologia, da Universidade Estadual de Campinas*, mostra como as taxas de produção e perda de folhas podem variar ao longo do ano e como essas variações alteram a estrutura etária da população de folhas da espécie vegetal conhecida como braço-de-preguiça.

As folhas podem ser consideradas as 'bocas' das plantas. É nas folhas que moléculas de água e dióxido de carbono (CO_2) são utilizadas na síntese de substâncias orgânicas, tendo a luz solar como fonte de energia – esse processo, a fotossíntese, é a base da vida na Terra. Os animais não podem alterar o número de bocas ou estômagos que têm, mas as plantas podem mudar o número de folhas que sustentam, regulando as taxas de produção (nascimento) e a perda (morte) desses importantes componentes.

Mudanças no número, tamanho e idade das folhas afetam as chances de sobrevivência e reprodução de uma planta. No entanto, ainda são poucos os estudos demográficos envolvendo plantas tropicais, mesmo quando considera-



Figura 1. Aspecto da copa de uma planta de braço-de-preguiça (*Solanum cernuum*) com cerca de 3,5 m de altura e folhas com comprimento médio de 30 cm, crescendo na submata da Reserva Biológica do Poço D'Anta, em Juiz de Fora (MG).

mos as espécies de interesse agrícola ou florestal. É este, justamente, o tema central deste trabalho, tomando como objeto do estudo a espécie vegetal conhecida como braço-de-preguiça.

Braço-de-preguiça (figura 1) é nome popular de *Solanum cernuum*, árvore de submata com até 6 m de altura, comum em Juiz de Fora (MG). Esse nome refere-se ao aspecto piloso dos galhos. Árvores expostas a insolação direta, em clareiras ou na borda da mata, sustentam uma copa ramificada, com centenas de folhas. Mas plantas de tamanho equivalente, crescendo em habitats sombreados, apresentam copa simplificada, com algumas dezenas de folhas. A floração só começa quando as plantas alcançam entre 1,5 e 2 m de altura. Plantas altas do braço-de-preguiça também se reproduzem vegetativamente, gerando agrupamentos de plântulas nas proximidades da árvore-mãe.

Os dois estudos sobre a demografia

foliar dessa espécie foram realizados na Reserva Biológica Municipal do Poço D'Anta, em Juiz de Fora (MG), cujo clima caracteriza-se por um verão chuvoso e quente, com máximos de pluviosidade em janeiro e de temperatura em fevereiro, e um inverno seco e frio, com mínimos de pluviosidade e temperatura em julho. No primeiro estudo, realizado de janeiro de 1984 a junho de 1985, a produção e a perda de folhas foram acompanhadas em 96 plantas do braço-de-preguiça (caules que emergiam separadamente do solo), marcadas com anéis plásticos para facilitar o reconhecimento de folhas individuais. No segundo estudo, entre agosto de 1993 e abril de 1994, foram medidas todas as folhas de uma nova amostra de 104 plantas. Nos dois estudos, as plantas tinham menos de 1,5 m de altura quando começaram a ser acompanhadas e, portanto, não apresentavam ramificações ou inflorescências.

As taxas mensais de produção e per-

da de folhas foram calculadas dividindo-se a soma das folhas produzidas e perdidas pelo número existente no início de cada mês. As duas taxas eram altas no verão de 1984, diminuíram com a proximidade do inverno e voltaram a aumentar no verão seguinte. A taxa de perda acompanhou a de produção, embora com pequeno atraso e sem oscilações tão acentuadas, sugerindo que as plantas mais substituíam do que acumulavam folhas.

No geral, a taxa de natalidade oscilou entre quatro e 30 folhas para cada 100 presentes, enquanto a mortalidade variou de sete a 20 folhas para cada 100 presentes. O número médio de folhas por planta caiu com a chegada do inverno, mas aumentou e atingiu novo máximo no verão de 1985, quando as plantas apresentaram, em média, 50% a mais de folhas do que no inverno do ano anterior.

A idade média das folhas variou de maneira quase oposta (figura 2). Em função dos ritmos de produção e perda, essa idade média – calculada pela soma da idade de cada folha, dividida pelo número de folhas presentes em todas as plantas – foi máxima em meados do inverno e mínima em meados do verão. Em uma população de folhas, a idade média pode diminuir tanto pelo surgimento de novas, que ‘puxam’ a média para baixo, quanto pela queda das mais velhas, cuja presença ‘empurra’ a média

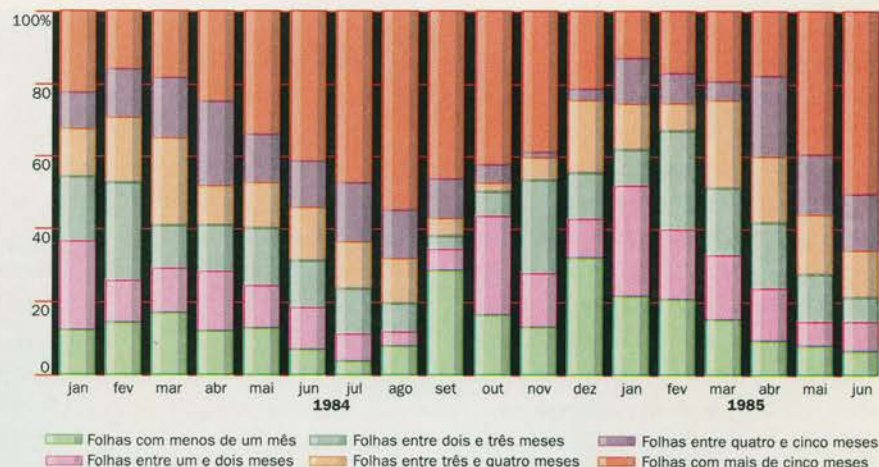


Figura 3. Variação mensal na porcentagem de folhas de plantas de *Solanum cernuum* em diferentes classes etárias.

para cima.

A idade média das folhas variou ao longo do tempo porque mudaram os percentuais de folhas de diferentes classes etárias (figura 3). Assim, o percentual de folhas com até um mês de idade foi mínimo em meados do inverno de 1984 (3,5%, em julho), aumentou no final dessa estação (28%, em setembro) e tornou-se predominante no final da primavera (32%, em dezembro). Já o percentual de folhas mais velhas, com cinco meses ou mais, chegou a mais de 50% no inverno (agosto de 1984) e reduziu para 13% no verão (janeiro de 1985).

Com a chegada das chuvas, em setembro, a taxa de produção de folhas ‘disparou’, acompanhada, logo depois, pela taxa de perda. Isso reduziu a idade média, que havia atingido o máximo em

agosto. Em dezembro, ocorreu outra queda brusca na idade média, que continuou a cair até fevereiro de 1985. Nesse mês, por uma combinação de mais folhas jovens com menos folhas velhas, a idade média atingiu o mínimo.

Outra consequência dos ritmos de produção e perda foi a variação da longevidade em função do mês de nascimento das folhas. Em 1984, as folhas mais duradouras foram as nascidas no final do verão, que atravessaram o outono e quase todo o inverno e só foram substituídas em setembro. As folhas nascidas em setembro foram justamente as que duraram menos, substituídas cedo em função das altas taxas de produção e perda nos meses seguintes.

Como o número de folhas por planta não aumentou muito, taxas de produção e perdas elevadas resultaram em redução na longevidade. No geral, a expectativa média de vida das folhas variou entre 130 e 180 dias, embora algumas plantas de crescimento lento (pequenas e muito sombreadas) conseguiram reter folhas por mais de um ano.

As medições de folhas realizadas em 1993 e 1994 revelaram outra tendência sazonal: o tamanho médio das folhas é maior no verão e menor no inverno. À medida que as plantas cresceram em altura, aumentou o número e o tamanho das folhas retidas, produzindo um ga-

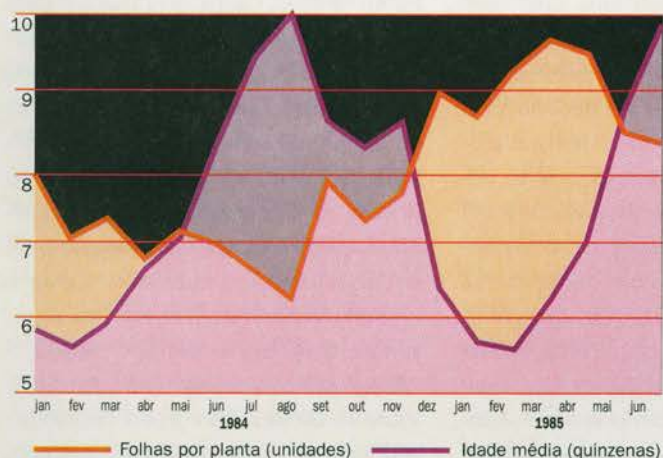


Figura 2. Variação mensal no número e na idade média das folhas de plantas de *Solanum cernuum*.

nho acelerado na área foliar total. No inverno, tanto a produção quanto a expansão de folhas parecem ter sido inibidas. Nessa época, várias folhas maiores foram substituídas por folhas novas que expandiram menos seu tamanho.

No verão, no entanto, a expansão foliar parece ter sido facilitada e o tamanho médio da população de folhas aumentou. O aumento no tamanho continuou até as plantas se ramificarem, por volta dos 2 m de altura, antecedendo o início da floração. Depois disso, o comprimento dos ramos e o número de folhas continuam a crescer, enquanto o tamanho das folhas tende a se estabilizar.

Dos três parâmetros demográficos estudados, a idade das folhas apresentou variações repetidas, com aumentos e reduções sazonais. Os outros dois (número e tamanho das folhas) mos-

traram comportamento diferente, aumentando lentamente durante anos seguidos, mas sempre com oscilações dentro de um mesmo ano. Assim, nos períodos estudados, a biomassa foliar oscilou por mudanças tanto no número quanto no tamanho médio das folhas.

Os resultados do trabalho desenvolvido em 1984 e 1985 foram obtidos em estudo sobre o uso do braço-de-preguiça como planta hospedeira das larvas de uma borboleta *Hypothesis ninonia daeta*. Trabalhos sobre herbivoria costumam apenas registrar alterações qualitativas, como a presença ou não de folhas, ou quantificar categorias arbitrárias, como 'jovens', 'adultas' ou 'senescentes'. O uso de tais procedimentos justifica-se por razões pragmáticas (no caso de plantas muito altas ou com número 'infinito' de folhas, por exem-

plo), mas dificulta comparações com outros estudos e impede revelação de padrões 'ocultos'.

No final do verão de 1985, por exemplo, quase a metade das folhas 'adultas' tinha menos de três meses de idade. Tais folhas, portanto, não eram as mesmas 'adultas' do início do verão. Embora as plantas do braço-de-preguiça não tenham em nenhum momento ficado sem folhas, estas variaram em número, tamanho e idade. Uma metodologia qualitativa não revelaria tais alterações, principalmente as ocorridas na longevidade e na estrutura etária da população de folhas – constatadas através do acompanhamento de folhas individuais.

* A partir de 1996: *Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília.*

NOVA TEORIA AJUDA A EXPLICAR DISTRIBUIÇÕES DE LÉVY

Com elegância e simplicidade, Jaynes reformulou e generalizou a lei de Boltzmann-Gibbs. Mas certos sistemas físicos ficaram de fora. A solução acabou sendo dada por Constantino Tsallis, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, ao criar uma engenhosa generalização do princípio de Jaynes e que hoje é conhecida em todo o mundo como a termoestática de Tsallis. Neste artigo, ÂNGEL R.

PLASTINO, da Faculdade de Ciências Astronômicas e Geofísicas/ Universidade Nacional de La Plata (Argentina), demonstra a utilidade da fórmula do pesquisador brasileiro.

A descrição completa do estado dinâmico da água de um recipiente exige que se saiba a posição e a velocidade de cada uma das moléculas nele contidas. Lidar com tal quantidade de informação é impossível e desnecessário. Esse tipo de situação é estudado pela mecânica estatística, ramo da física teórica que trata dos sistemas que só admitem uma descrição estatística, baseada no conhecimento de um pequeno número de quantidades macroscópicas (a temperatura da água, por exemplo). Nesse tipo de descrição, a idéia central é atribuir uma probabilidade $\{p_\alpha\}$ a cada estado possível $\{\alpha\}$ do sistema. A informação parcial disponível determina

a distribuição dessas probabilidades.

Há um século, o físico austríaco Ludwig Boltzmann e o norte-americano Josiah Willard Gibbs propuseram uma lei para a atribuição dessas probabilidades e conseguiram, usando essa lei, explicar com sucesso as propriedades de inúmeros sistemas físicos. Em 1957, Jaynes reformulou e generalizou a lei de Boltzmann-Gibbs através de um princípio simples e elegante: entre todas as possíveis distribuições consistentes com a informação disponível, é escolhida aquela que maximiza a entropia $S(\{p_\alpha\}) = -\sum_\alpha p_\alpha \ln p_\alpha$ (onde $\sum_\alpha$ significa a somatória sobre os estados $\{\alpha\}$ e $\ln$ é a função logaritmo). A entropia, função das pro-

babilidades $\{p_\alpha\}$ é uma medida da desordem do sistema. A forma dessa função é justificada não só pela esmagadora concordância entre previsões teóricas e resultados experimentais, mas também pela beleza e elegância matemática da teoria.

A teoria de Boltzmann-Gibbs-Jaynes, porém, não descreve satisfatoriamente certos sistemas físicos, como aqueles em que a força da gravidade exerce papel importante (galáxias, por exemplo) ou fenômenos como a turbulência (em fluidos como o ar e a água, por exemplo). Em 1988, o físico teórico Constantino Tsallis, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), desenvolveu uma engenhosa generalização do princípio de Jaynes, propondo uma forma mais geral para a função entropia:

$$S(\{p_\alpha\}) = \frac{1 - \sum_\alpha p_\alpha^q}{q - 1}$$

A entropia de Tsallis (S_q) é caracterizada pelo parâmetro q , um número real, que amplia a abrangência da teoria de Boltzmann-Gibbs-Jaynes. Esta corresponde apenas à situação em que q é igual a 1. A forma da função S_q também permite a construção de uma teoria tão elegante quanto a de Jaynes, atraindo a atenção de muitos pesquisadores, que estudaram suas propriedades matemáticas e exploraram suas possíveis aplicações. Até o momento, há quase uma centena de artigos publicados em jornais científicos internacionais tratando da termoestática de Tsallis.

Um dos primeiros resultados importantes foi a demonstração de que a nova teoria é consistente com os princípios da termodinâmica. A teoria de Tsallis permite uma análise mecânico-estatística sa-

tisfatória de fenômenos inacessíveis ao tratamento padrão de Boltzmann-Gibbs-Jaynes. B. M. Boghosian¹, por exemplo, mostrou que em um plasma de elétrons em rotação, imerso em um campo magnético, as propriedades determinadas experimentalmente são descritas melhor pela teoria de Tsallis, onde q tem o valor $1/2$ do que pela teoria ortodoxa. G. Kaniadakis², A. Lavagno e P. Quarati, pesquisadores do Instituto Nacional de Física Nuclear (INFN) de Turim (Itália), revelaram que a termoestatística de Tsallis pode ser a base para a solução de um dos mistérios da astrofísica: o problema dos neutrinos solares. O fluxo de neutrinos solares detectado na Terra é muito menor que o previsto pelo modelo teórico-padrão da estrutura solar. Kaniadakis e seus colaboradores demonstram ser possível explicar o fluxo de neutrinos

observado quando os cálculos correspondentes são realizados de acordo com a nova termoestatística.

Em novembro do ano passado, Tsallis³ e seus colaboradores, S.V.F. Lévy, A.M.C. Souza e R. Maynard, resolveram, aplicando o novo formalismo, um importante e intrigante problema da física estatística: as distribuições de Lévy. As distribuições de probabilidade de Lévy governam a evolução da distância entre duas partículas dentro de um fluido turbulento, e em processo que constitui um exemplo da chamada 'difusão anômala de Lévy'. Tais distribuições de probabilidade permitem a descrição de fenômenos muito variados que vão da análise de processos caóticos em dispositivos microeletrônicos até o comportamento dos mercados financeiros,

segundo J. Klaster, M.F. Shlesinger e G. Zumofen⁴. A compreensão profunda das propriedades de fluidos turbulentos pode levar a importantes aplicações práticas no estudo do comportamento da atmosfera terrestre e dos oceanos.

Há muito tempo os físicos teóricos (entre eles o famoso E.W. Montroll) procuram – sem sucesso até agora – uma fundamentação mecânico-estatística, baseada no Princípio de Jaynes, para as distribuições de Lévy. A situação mudou em novembro do ano passado, quando Tsallis e colaboradores mostraram que as distribuições de Lévy surgem naturalmente da entropia generalizada S_q .

A 'difusão anômala de Lévy' admite como caso-limite (correspondente a $q = 1$) a difusão browniana – um exemplo desse último fenômeno é o movimento aleatório de um grão de pólen dentro de um fluido em repouso. As propriedades estatísticas da trajetória dos grãos de pólen são determinadas pelas colisões entre este e as moléculas do fluido. Um dos trabalhos fundamentais da mecânica estatística foi a análise, publicada por Albert Einstein em 1905, das propriedades do movimento browniano. Esse estudo e os experimentos que ele inspirou constituíram nada menos que uma contribuição decisiva para o estabelecimento da própria existência das moléculas.

É sugestivo o fato de que a teoria de Tsallis, indo além da preservação da beleza e da elegância da termoestatística ortodoxa, repita caminhos já percorridos na história desse ramo da física. Em seus primeiros passos, a mecânica estatística alimentou-se da análise da difusão browniana. Agora, a teoria de Tsallis alcança um dos seus primeiros êxitos significativos com a análise da difusão de Lévy.

1. *Physical Review*, E 53, p. 4.754, 1996.

2. *Physical Letters*, B 369, p. 308, 1996.

3. *Physical Review Letters* 75, p. 3.589, 1995.

4. *Physical Today*, p. 33, fev. 1996.

TRADUÇÃO: Maria Ignez Duque-Estrada

João Batista Calixto

Fitofármacos no Brasil: agora ou nunca!

“Temos excelente oportunidade de impulsionar a indústria farmacêutica nacional”

Quinto maior consumidor mundial de remédios, o Brasil nunca desenvolveu um medicamento. O mercado brasileiro é dominado por companhias farmacêuticas multinacionais, que investem pesadamente em pesquisa e tecnologia para garantir espaço num universo cujas cifras são da ordem de US\$ 200 bilhões ao ano. Essa briga o Brasil já perdeu: não investiu, não tem tecnologia avançada e há completa ausência de indústrias no setor. Mas tem grande chance de garantir boa parcela para sua indústria na faixa dos fitofármacos, um mercado em expansão que exhibe cifras igualmente consideráveis: US\$ 40 bilhões ao ano. Em razão de sua imensa biodiversidade e da tradição no uso de plantas medicinais, o Brasil tem condições de reservar para si parte considerável desse bolo. “Temos tecnologia, alguma competência e, com isso, excelente oportunidade de impulsionar a indústria farmacêutica nacional”, garante o farmacólogo João Batista Calixto, da Universidade Federal de Santa

Catarina, um dos dois únicos pesquisadores catarinenses incluídos na lista dos 170 brasileiros mais citados em publicações internacionais, divulgada pela *Folha de S. Paulo* com base em dados do Institute

for Scientific Information. Presidente da Sociedade Brasileira de Farmacologia e Terapêutica Experimental e Secretário-Geral da Comissão de Assessoramento para Assuntos de Medicamentos da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, Calixto trabalha na pesquisa de extratos e compostos ativos de plantas. Seu grupo, formado por 50 pessoas, já estudou cerca de 12 espécies da popular quebra-pedra, que possui substâncias analgésicas, antiespasmódicas e efetivas no tratamento da hepatite B, entre outras viroses. No momento, o grupo se dedica ao estudo de novos compostos da *Mandevilla velutina*, planta conhecida na medicina popular por suas propriedades antiinflamatórias e antiofídicas. Nesta entrevista, Calixto fala do mercado mundial de fitofármacos e revela por que o Brasil tem chance de disputar parcela importante desse mercado. Entrevista concedida a Elisabeth

Karam (colaboradora de *Ciência Hoje*).



País com uma das maiores biodiversidades do mundo, fonte potencial de medicamentos, o Brasil não tem uma indústria farmacêutica desenvolvida.

Qual é o problema?

Primeiro, é preciso entender que a maioria (60%) dos medicamentos desenvolvidos nos países do Primeiro Mundo vem de sínteses orgânicas; os demais 40% são oriundos de recursos naturais (30% de plantas e 10% de animais e microrganismos). Na categoria dos que são obtidos por síntese orgânica, o Brasil tem pouca ou nenhuma possibilidade de desenvolver medicamentos em razão da alta tecnologia envolvida e, principalmente, dos elevados custos. À exceção dos remédios populares, o Brasil nunca desenvolveu industrialmente um único medicamento. Isso é uma contradição num país que está entre os maiores consumidores de remédios do mundo. Em 1995, o Brasil gastou mais de 8 bilhões de dólares, ocupando o quinto lugar no mercado consumidor mundial.

Quando afirma que o Brasil não fez nenhum medicamento, o senhor não considera os trabalhos de cientistas brasileiros junto a grupos internacionais?

Apesar dos poucos recursos destinados à pesquisa no Brasil, temos relativa competência científica em várias áreas relacionadas ao desenvolvimento de medicamentos, como a farmacologia, a química e a investigação clínica. Alguns pesquisadores brasileiros competem com grupos de todo o mundo e vários deles são reconhecidos internacionalmente. Mas, de fato, o Brasil apenas embala o que a indústria farmacêutica desenvolve lá fora. Compra sais, mistura e embala. Nunca desenvolvemos aqui um medicamento em todas as suas etapas, da farmacologia pré-clínica, toxicologia, ensaios clínicos etc. à comercialização. Isso não significa que pesquisas nunca tenham sido feitas. O problema é que elas são frequentemente interrompidas, o ciclo não se fecha, principalmente porque ainda não temos uma indústria farmacêutica interessada. As multinacionais não têm interesse em desenvolver seus produtos aqui; vendem o que desenvolveram em seus laboratórios de pesquisa lá fora.

Essa situação é consequência de uma peculiaridade do setor ou reflete os mesmos problemas de outras áreas, como falta de investimento em pesquisa, pouco incentivo etc.?

É sem dúvida reflexo direto dos baixos investimentos em

ciência e tecnologia. A indústria de medicamentos se ressent mais porque é um setor de ponta, que exige alta capacitação tecnológica, tem custos elevados, quase proibitivos, e é de alto risco: uma nova droga custa de US\$ 100 milhões a US\$ 500 milhões para ser desenvolvida. De cada 100 mil produtos sintetizados, cerca de 100 são testados no homem, 10 chegam a medicamentos e, desses, dois ou três revelam competitividade e são lançados no mercado. O processo é lento e leva em média de 10 a 15 anos para se completar. A tudo isso soma-se a falta de uma política de longo prazo para estimular o setor, como já foi feito em outras áreas.

Mas já houve tentativas, como o programa de plantas medicinais da Central de Medicamentos, a CEME.

De fato, o programa da CEME foi uma iniciativa importante para o desenvolvimento de medicamentos no Brasil. O problema é o mesmo dos demais programas de iniciativa governamental: falta de continuidade. A partir do governo Collor os recursos para o programa foram suspensos, causando prejuízos irreparáveis. Só para se ter uma idéia, o programa de plantas medicinais da CEME aplicou durante sua duração apenas US\$ 3 ou US\$ 4 milhões. Ainda assim, algumas plantas foram estudadas até o nível de ensaios clínicos, fato nunca observado no Brasil. A maior dificuldade encontrada no programa, além dos recursos financeiros, foi a falta de indústrias interessadas em comercializar os medicamentos. Com isso, as pesquisas não foram transferidas ao setor produtivo. Esse, sem dúvida, seria um bom campo para o Brasil desenvolver. O desenvolvimento de medicamentos vindos de plantas medicinais é geralmente mais rápido e envolve custos menores se comparados com os obtidos por síntese: as plantas já têm suas propriedades medicinais conhecidas na medicina popular e muitas delas são comercializadas na forma de fitoterápico. Além disso, no caso brasileiro, a matéria-prima já existe. Só falta dar ao produto o aval da ciência.

É possível calcular a diferença de custos de pesquisa entre um medicamento desenvolvido via síntese orgânica e outro obtido de planta medicinal?

Esse cálculo é difícil, mas seguramente o custo de um medicamento vindo de planta medicinal é menor. Como não chegamos a desenvolver um medicamento, não é possível estimar esses valores. Mas, considerando os recursos investidos pela CEME em mais de 10 anos, nota-se que eles não passam

**MEDICAMENTOS DESENVOLVIDOS RECENTEMENTE
A PARTIR DE MICRORGANISMOS.
Mercado anual de cerca de US\$ 1 bilhão cada.**

MEDICAMENTO	USO	INDÚSTRIA
Lovastatin	Redução do colesterol	Merck
Avermectin	Antiparasitário	Merck

de uma pequena fração do que é gasto na indústria. Outro fator a ser considerado é a grande aceitação dos produtos naturais atualmente. O mercado existe e tende a crescer, sobretudo se contar com o aval da ciência. Mas o aspecto mais importante é a competência científica brasileira no estudo de produtos naturais, o que nos garante uma grande chance de desenvolver o primeiro medicamento com tecnologia brasileira.

O Brasil já não poderia ter se desenvolvido mais nesse setor?

Esse parece ser o grande mercado do futuro, onde o Brasil poderia até atingir posição de destaque. Temos uma enorme biodiversidade além de alguma experiência acumulada. Se investir, o Brasil poderá mesmo ganhar parcela considerável do mercado externo. Na Alemanha, por exemplo, calcula-se que 50% do receituário médico inclui medicamentos fitoterápicos. Campeão mundial de vendas na linha dos fitofármacos, o produto Ginkgo Biloba (Tanakan®, Tebonin®), utilizado para tratar doenças cardiovasculares, movimenta cerca de US\$ 280 milhões por ano no mundo inteiro. O Ginseng movimenta US\$ 50 milhões e os produtos originários do alho outros US\$ 40 milhões. Acontece que mesmo nos países desenvolvidos o avanço da tecnologia de produção de fitofármacos foi lento. O que se observa agora é que muitas multinacionais farmacêuticas estão comprando pequenas indústrias de fitofármacos, especialmente na Alemanha. Caso o mercado continue crescendo, tanto maior será o interesse das grandes indústrias em ocupar parcela importante desse mercado.

E o Brasil?

A velocidade de crescimento da indústria nacional de fitofármacos dependerá de vários fatores, destacando-se o interesse dessa indústria em aliar-se ao setor acadêmico para melhorar seus produtos e o estabelecimento de uma política nacional para o setor, incluindo um programa rígido de controle de qualidade e fiscalização por parte do Ministério da Saúde. No momento, a qualidade dos produtos fitoterápicos brasileiros, com raras exceções, deixa a desejar. As indústrias que quiserem competir por esse mercado terão necessariamente que investir em ciência e tecnologia para garantir melhor qualidade aos seus produtos.

Se o Brasil tem todas as condições

para se desenvolver no setor de medicamentos de plantas medicinais, por que isso não aconteceu até agora, independentemente dos problemas citados?

Essa é uma questão complexa. Faltou interesse da indústria em aliar-se ao setor acadêmico, além de leis mais rígidas do Ministério da Saúde para controlar a qualidade e a eficácia desses produtos, muitas vezes comercializados sequer com o registro do Ministério da Saúde e às vezes por indústrias sem capacitação. Há muitas indústrias funcionando precariamente e de forma empírica, baseadas apenas no conhecimento popular, e os produtos são comercializados sem controle de qualidade e de eficácia clínica. Contudo, já existem sinais claros de que a situação começa a mudar. O Melagrião®, por exemplo, produzido pelo Laboratório Catarinense e comercializado como antiasmático, já teve seus estudos pré-clínicos feitos pelo nosso grupo e revelou excelentes resultados. Só no Brasil, o produto é responsável por um mercado de cerca de US\$ 6 milhões anuais. No momento, os estudos pré-clínicos estão sendo iniciados na Escola Paulista de Medicina/UFSP, com o objetivo de produzir um fitoterápico eficaz no tratamento da asma. Outro produto também comercializado pelo Laboratório Catarinense como tônico e estimulante com características semelhantes às do Ginkgo Biloba, chamado Catuama®, foi estudado recentemente pelo nosso grupo e mostrou efeitos analgésicos e vasodilatadores importantes. Esse produto está agora sendo testado clinicamente na Unicamp. Outras indústrias também estão procurando interagir com o setor acadêmico, para confirmar a eficácia e ausência de efeitos tóxicos de seus fitoterápicos, já que uma recente portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde estabelece um prazo para a regulamentação desses produtos. Acredito que esse mercado poderá expandir-se até 10 vezes mais com o desenvolvimento de testes laboratoriais que demonstrem a eficácia dos medicamentos. A expectativa é de que esse ritmo de crescimento continue até o ano 2000.

Esse mercado em expansão não se deve apenas à crescente onda de consumo de produtos naturais?

Em boa parte sim, mas também outros fatores têm contribuído para esse crescimento. Boa parte da população e da indústria busca novos medicamentos quando as drogas sintéticas não

MEDICAMENTOS DERIVADOS DE PLANTAS APROVADOS RECENTEMENTE PELA FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA)

MEDICAMENTO	ESPÉCIE	USO TERAPÊUTICO
Hycantin	<i>Camptotheca acuminata</i>	Câncer de ovário
Taxol	<i>Taxus brevifolia</i>	Câncer de ovário e mama
Nabilona	<i>Cannabis sativa</i>	Antiemético

mais demonstram resultados satisfatórios. Em outros casos, a população, insatisfeita com a medicação moderna, sobretudo diante de possíveis efeitos colaterais, procura algo mais natural.

Quando falou sobre a competência brasileira para atuar na área de fitofármacos, a quem o senhor se referia?

Há grupos de excelência localizados em várias regiões do Brasil. Para não cometer falhas, não vou citar nomes, mas já estamos relativamente bem desenvolvidos nas áreas de farmacologia pré-clínica e química, e já começam a surgir grupos interessados em estudos clínicos de produtos naturais. É preciso estimular mais o desenvolvimento de grupos de toxicologia e farmacologia clínica. Esses dois últimos foram criados ainda em número reduzido na área de plantas medicinais em função do programa da CEME.

A comunidade científica ainda está ressentida com a Lei de Patentes. Essa lei não vai diminuir as chances de o Brasil tomar parte desse bolo de US\$ 40 bilhões?

Ainda não dá para calcular o reflexo dessa lei no desenvolvimento das pesquisas com plantas medicinais. Certamente, deverá aumentar o interesse das indústrias multinacionais na área de medicamentos no Brasil. Aliás, a lei foi aprovada em grande parte pela pressão dessas indústrias. A questão a ser discutida é o impacto da lei nas indústrias nacionais. As grandes indústrias farmacêuticas têm interesse em utilizar plantas medicinais para desenvolver protótipos de novos medicamentos, principalmente para curar doenças até então sem terapêutica eficaz, como o câncer e a Aids. Nessa área o Brasil não tem competência para fazer frente às multinacionais. Mas ainda é cedo para saber o impacto da lei no comércio e no desenvolvimento de medicamentos a partir de plantas. Com a competência que já tem,

o Brasil poderá reservar um espaço para a sua indústria. Mas para isso terá que haver uma parceria mais estreita entre as universidades e o setor produtivo.

E o que falta para isso?

É preciso acabar rapidamente com os preconceitos que ainda persistem dos dois lados. Alguns setores das universidades públicas acham que não podem negociar com o setor privado e boa parte desse setor não quer investir em ciência e tecnologia. A questão da burocracia dentro das universidades é outro grande entrave para o estabelecimento dessas associações. A simples aprovação de um convênio pode demorar meses. Nos países mais avançados, principalmente onde predominam as grandes indústrias farmacêuticas e químicas, essas questões já foram resolvidas. Por outro lado, é preciso também reconhecer o imediatismo de parte do setor produtivo, fator negativo nas associações com o meio acadêmico. Nos Estados Unidos, por exemplo, cerca de 50% dos investimentos feitos em pesquisa vêm da indústria. No Brasil isso é praticamente inexistente. Essa parceria é essencial, pois as universidades detêm o conhecimento sobre o controle de qualidade necessário para que a indústria nacional, que já vende seus produtos num raio reduzido, possa expandir seu mercado e até mesmo entrar no mercado externo. Com o mesmo objetivo, é preciso também que haja maior interação entre os departamentos nas universi-

dades. A pesquisa tecnológica necessita de grupos multidisciplinares, como é um grupo de pesquisa na indústria, com farmacólogos, químicos, biólogos, médicos e farmacêuticos trabalhando em conjunto.

Voltamos ao problema inicial: recursos para a pesquisa. Como é que eles vão começar a aparecer?

É preciso convencer as indústrias de que, se não investirem em ciência e tecnologia, não poderão competir pelo mercado que parece favorável. O

VALORES DE VENDAS, NA UNIÃO EUROPÉIA, DE FITOFÁRMACOS QUE NÃO EXIGEM PRESCRIÇÃO MÉDICA.

PAÍS	Valores de vendas anuais (preço no varejo em US\$)		
	Total em milhões	%	Per capita
Alemanha	2.500	45,0	37,0
França	1.600	29,0	28,0
Itália	600	11,0	10,5
Reino Unido	300	5,5	5,0
Espanha	230	4,5	6,0
Holanda	100	2,0	6,5
Bélgica	40	1,0	4,0
Outros	130	2,0	4,5
Total	5.500	100,0	17,4

caminho mais objetivo seria começar investindo na melhoria dos produtos que já estão sendo comercializados, como, aliás, algumas indústrias já vêm fazendo. Esses produtos necessitam do aval científico para que possam ganhar mais mercado nacional e venham a ser prescritos também por médicos. Os recursos advindos desse aumento de mercado poderiam ser utilizados na pesquisa de novos medicamentos. Temos que trabalhar nessa perspectiva e este é o momento certo para começarmos a deslanchar.

Caso contrário, o Brasil perde novamente a chance.

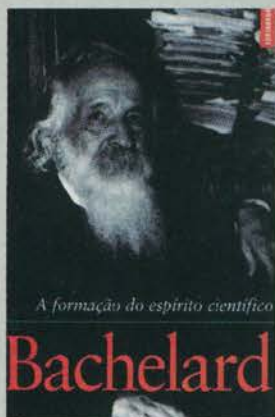
É um risco que corremos. As indústrias multinacionais podem dominar o mercado com tecnologias cada vez mais sofisticadas, como fizeram com os medicamentos de síntese orgânica. Das cerca de 350 mil espécies de plantas que, calcula-se, existem catalogadas em todo o mundo, cerca de 60 mil estão no Brasil. É claro que com isso o Brasil é um alvo de interesse internacional para o próximo século. Além das plantas, a nossa biodiversidade é rica em animais, fonte inesgotável de toxinas e medicamentos. Portanto, se não iniciarmos esse processo agora, corremos o risco de perder a chance de participar dele. Não me refiro apenas à necessidade de tomarmos a dianteira do processo. Todos sabemos o que o desenvolvimento desse setor pode representar para o crescimento da economia

brasileira, especialmente no que diz respeito à criação de novas oportunidades de trabalho. É uma cadeia que vai gerar mais impostos, mais empregos, mais exportação etc.

Existe um cálculo de quantas plantas já são utilizadas como medicamento?

Acredita-se que existam, só na Amazônia, cerca de 300 espécies medicinais catalogadas. Contudo, são relativamente poucas as que são comercializadas como fitoterápicos. Segundo a Organização Mundial da Saúde, 25 mil plantas são usadas na preparação de remédios da medicina popular em todo o mundo. Em geral, calcula-se que menos de 5% dessas plantas foram objeto de algum tipo de estudo – localizado e pontual. Por outro lado, uma porcentagem ainda menor mereceu estudos toxicológicos ou clínicos. Só para se ter um parâmetro, dos mais de 600 trabalhos recebidos de várias regiões do país para o XIV Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil, que acontece em setembro em Florianópolis, a grande maioria refere-se a estudos químicos, farmacológicos, pré-clínicos e botânicos de plantas. São raros os trabalhos realizados no Brasil sobre toxicologia e ensaios clínicos de plantas. Além disso, a quase totalidade desses trabalhos vem de universidades e centros de pesquisas, sempre dissociados do setor empresarial.

A Contraponto Editora oferece seus livros, em venda direta, com descontos médios de 30%. Você receberá os livros em casa, pelo correio. As despesas postais já estão incluídas. Telefone ou escreva pedindo o nosso catálogo. Tel. / fax (021) 275-0751 – Caixa Postal 56066 – CEP 22292-970 – Rio de Janeiro, RJ



A formação do espírito científico
Gaston Bachelard – 316 p.
Preço com desconto: **R\$ 20,00**



A parte e o todo
Werner Heisenberg
288 p.
Preço com desconto: **R\$ 20,00**



Física atômica e conhecimento humano
Niels Bohr – 140 p.
Preço com desconto: **R\$ 13,00**



O valor da ciência
Henri Poincaré
180 p.
Preço com desconto: **R\$ 14,00**



10 a 13 de setembro de 1996

Palácio das Convenções do Anhembi

Congresso & Feira

EDUCANDO

S U C E S U - S P

Tecnologia: A Hora e a Vez do Professor

PLENÁRIO			AUDITÓRIO G
10/09/96	11/09/96	12/09/96	13/09/96
9:00 PAINEI: TECNOLOGIA: A HORA E A VEZ DO PROFESSOR (Rose Neubauer - SEE/SP; Solon B. Reis - SEM/SP; Francisco Cordão - CEE/SP)	PALESTRA: PROFESSOR ON-LINE: PROFISSÃO PERIGO (Pierluigi Piazzi - C. Rousseau; Arthur Fonseca Filho - Org. Sorocabana de Ensino, Cláudio Rocha Brito - USP/Esc. Politécnica)	PALESTRA: INFORMÁTICA: NECESSIDADE OU OBRIGAÇÃO? (Ana Luiza M. Pinheiro - SE/MG; Hamilton Bernardes Jr. - Pref. Mun./Pedreira; Francisco Moraes - Senac)	PALESTRA: A TECNOLOGIA SEM "TIA" (Sylvia Gouvêa - E.N.L. Castanho; Rosemary Soffner - Doutoranda ECA/USP; Waldemar O. Jr. - SENAI)
10:30 PALESTRA: NOVOS DESAFIOS PARA O PROFESSOR (José M. Moran - USP; Antonio C. C. Ronca - PUC/SP; Myrian Tricate - Magno Esc. Integrada)	SUPER PAINEI Cliente Servidor	PAINEI: EDUCAÇÃO E MEIOS DE COMUNICAÇÃO (Jorge Cunha Lima - Fundação Padre Anchieta; Heródoto Barbeiro - Rádio CBN)	PAINEI: JOGOS, SIM., TUTORIAIS TUDO ISSO É POSSÍVEL NO ENSINO À DISTÂNCIA? (Laura M. Coutinho - CELTEC; Branca J Ponce - Filósofa; Carlos R. Jamil Cury - UFMG)
13:30	KEYNOTE SPEAKERS COMDEX (PALESTRAS INTERNACIONAIS)		AUDITÓRIO ELIS REGINA
14:30 PALESTRA: HOW DO WE USE NEW TECHNOLOGIES IN EDUCATION? - APRENDER FAZENDO E NOVAS TECNOLOGIAS (Steen Larsen The Royal Danish. School of Education Studies; Newton Bryan - UNICAMP, Maurício Tricate - Grupo)	PAINEI: TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO... NAVEGAR É PRECISO... (Vilfredo e Heloisa Schürmann - S. Des. e Pesq.; Jorge R. M. Froes - Trend; Ana Maria A. Mesquita - Univ. S.J.Tadeu; Fernando J. Almeida - PUC/SP)	PAINEI: ENSINO PÚBLICO E TECNOLOGIA (Léa C. Fagundes - UFRGS; José A. Valente - UNICAMP; Nacim W. Chieco - SENAI)	14:00 PALESTRA: KIDLINK: UM MODELO DE ESCOLA ABERTA NA INTERNET (Marisa Lucena - Mestre em Educação e Informática)
16:00 PALESTRA: CABRI GEOMETRE: Uma Ferramenta Poderosa na Construção de uma Geometria Dinâmica e Criativa (Colette Laborde - Univ. Grenoble)	PALESTRA: E OS PROFESSORES CONTINUARÃO ENSINANDO... (Jarbas N. Barato - SENAC; Luadir Barufi - USP; Mauro S. Aguiar - Col. Bandeirantes)	PALESTRA: QUEM FAZ, SABE (Jesus Del Olmo - CONSNET/México; Gleice du Cataldo - Col. Brasil; Paulo A. C. Ronca - Doutor em Psicologia da Educação)	15:00 PALESTRA: TECNOLOGIA A HORA E A VEZ DO PROFESSOR (PAULO RENATO SOUZA - Ministro da Educação e do Desporto)
17:00 PAINEI: E A VEZ DO ALUNO QUANDO CHEGA? (Rosemary Soffner - Doutoranda ECA/USP; Cláudio Mamanna - USP; Jorge Nagle - UNESP)			

INSCRIÇÃO - CONGRESSO

PREÇO: *

- R\$ 25,00 (Individual)
- R\$ 200,00 (acima de 10 pessoas da mesma empresa/instituição)

PAGAMENTO:

A taxa de inscrição deverá ser paga por crédito a favor da SuceSU-SP, através do Banco Itaú S/A (341), Ag. 0183 (Itaim Bibi), c/c 00322-7.

* acesso à feira incluso (horário da feira: 11h às 20h)

Apoio Cultural



Apoio de Divulgação

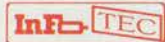


Hardware Oficial



A MARCA BRASILEIRA DA INFORMÁTICA.

Apoio Recursos Audiovisuais



Apoio Institucional

Patrocínio



Promoção e Realização



DEMEC-SP - FDE - GRUPO - SEC. DE EST. DA EDUCAÇÃO - SEC. MUN. DA EDUCAÇÃO - SENAC - SIEESP

COMO SE INSCREVER:

Os interessados deverão enviar Ficha de Inscrição + cópia do comprovante de pagamento pelo Fax (011) 820.2312. Para inscrições em grupo, favor anexar relação dos demais congressistas.

OBS: O original do comprovante de pagamento deverá ser apresentado no dia e local de credenciamento do congresso (Palácio das Convenções do Anhembi).

FICHA DE INSCRIÇÃO - EDUCANDO'96

EMPRESA/INST.:			
END.:			
CEP:	CIDADE:	UF:	
FONE: ()	FAX: ()		
E-MAIL:			
NOME:	CARGO:		



INFORMAÇÕES: (011) 820.2312

A evolução da **sociabilidade** entre as **aranhas**

*Quem mais
produz teias,
mais sociável é*

Eduardo M. Venticinque • Harold G. Fowler • Martinho C. Carvalho Jr.

Departamento de Zoologia - Universidade Estadual de São Paulo - Botucatu.



Figura 1.
Teia comunal
de *Anelosimus*
***eximius* (família**
***Theridiidae*) na**
Amazônia Central,
em área próxima
a Manaus (AM).

FOTOS CEDIAS POR E.M. VENTICINQUE

Uma sociedade é mais do que a simples soma de seus componentes. Em seu conjunto, os integrantes de uma sociedade apresentam propriedades de qualidade diferente das presentes no indivíduo. Segundo o célebre biólogo Edward O. Wilson, considerado o 'pai' da sociobiologia, uma sociedade animal pode ser definida como um grupo de indivíduos, da mesma espécie, que apresenta organização cooperativa. A organização social ocorre em vários grupos animais, de invertebrados marinhos a mamíferos, embora seja mais desenvolvida em corais e insetos, que mostram divisão do trabalho e da reprodução e vivem apenas em colônias. Em animais carnívoros, a sociabilidade está restrita a diversas espécies de formigas, a algumas espécies de vespas, aos felinos, aos canídeos e... a um grupo pequeno de aranhas.

A maioria das aranhas tem hábitos solitários e não apresenta tolerância a indivíduos da mesma espécie, a não ser durante a cópula ou logo após o nascimento dos filhotes. Comportamentos agressivos, inclusive canibalismo, são comuns na maior parte das espécies, o que torna um paradoxo a evolução da cooperação e da socialidade entre esses pequenos animais.

Em 1809, o naturalista Felix de Azara escreveu: "Embora a família das aranhas seja considerada solitária, há uma espécie no Paraguai que vive em sociedade, em agrupamentos de mais de 100 indivíduos (...) Constrói um ninho maior do que um chapéu, suspenso na copa de uma árvore ou beira de telhado, de maneira que fica protegido por cima. Daí partem fios brancos grossos e finos (...) Perecem no outono e deixam no ninho os ovos que eclodem na primavera."

Darwin observou a mesma espécie de aranha, em 1845, no Rio de Janeiro. Os maiores aracnólogos da época não acreditaram nessas observações, chegando a supor que ambos haviam se confundido. Hoje sabe-se que as observações correspondem à espécie *Parawixia bistriata*, aranha social comum em áreas de vegetação aberta do Brasil, como cerrados e terrenos urbanos sem uso.

Já foram descritas 39 mil espécies de aranhas, agrupadas em 105 famílias, e em metade dessas famílias há espécies que formam agregações em alguma fase do ciclo de vida. Mas apenas oito famílias têm espécies com níveis mais complexos de sociabilidade: Agelenidae, Eresidae, Dictynidae, Theridiidae, Ecobiidae, Uloboridae, Araneidae e Sparassidae (figura 1). As espécies de maior sociabilidade estão restritas aos trópicos, provavelmente porque a ausência dos rigores do inverno permite a atividade da colônia ao longo de todo o ano e, em consequência, a sobreposição de gerações, ou seja, a convivência de pais e filhos (rara entre os invertebrados).

No Brasil há espécies sociais per-

tencentes às famílias Theridiidae (que constroem teias tridimensionais, em forma de lençol) e Araneidae (que constroem teias bidimensionais, no formato orbicular, o mais conhecido), mas pouco se sabe sobre seu comportamento cooperativo. As regiões tropicais do planeta – o que inclui grande parte do Brasil – são as mais ricas em espécies de aranhas e as menos estudadas. Estima-se que menos de um décimo das espécies existentes em tais regiões estão descritas. Dados a respeito do comportamento social dessas aranhas são ainda mais raros.

As aranhas que não fazem teias...

Ainda não existem critérios consensuais para a divisão dos diversos graus de sociabilidade observados em aranhas, desde a vida solitária até sociedades mais complexas. Certos comportamentos sociais mais simples, como o cuidado parental com a prole, são observados em muitas espécies, mas organizações de complexidade comparável às dos insetos sociais só ocorrem em poucas – basicamente em aranhas construtoras de teias destinadas à caça. Em aranhas errantes, que não fazem teias, a sociabilidade não evoluiu além do cuidado parental.

As forças seletivas que favoreceram o surgimento da sociabilidade fazem parte do teatro ecológico, ou seja, do ambiente de interações biológicas. Fatores como alta intensidade de predação e competição por espaço para a construção de teias podem ter induzido comportamentos cooperativos que proporcionaram maior proteção ou captura de presas maiores. Presas de grande tamanho fornecem mais alimento, mas aumentam os riscos de morte ou ferimentos, exigindo a ação conjunta de vários indivíduos.

É grande a discussão sobre as vias evolutivas que levaram ao comportamento social em aranhas. Uma delas parece ser o cuidado dos pais com a prole. Tal cuidado proporciona 'estímulo

para associação', ou seja, tendência à agregação e à colaboração mútua na construção da teia e na captura das presas. Outra pré-adaptação importante é o modo de alimentação das aranhas, em particular a digestão externa: esses animais injetam em suas presas veneno, enzimas digestivas e saliva, que liquefazem os tecidos das vítimas, e só depois ingerem a 'sopa' resultante. Essa característica, única entre os artrópodos, facilita a partilha de presas e, possivelmente, a comunicação química entre aranhas. Também ocorre alimentação por regurgitação, que permite maior tempo de cuidado da prole e maior contato entre os indivíduos.

A evolução da sociabilidade resulta de um conjunto de adaptações, mas, entre todas as características que poderiam favorecer esse comportamento, a capacidade de produzir teias ocupa lugar de destaque.

Teia, a grande alavanca evolutiva

A eficiência do homem em alterar o ambiente, ao longo de sua evolução, deveu-se em grande parte à sua extraordinária capacidade de elaborar artefatos e ferramentas. As aranhas, de modo semelhante, modificam o ambiente usando fios de seda para produzir sua grande alavanca evolutiva: a teia. Guardadas as devidas proporções, enquanto o homem teve na via cultural a principal força motriz do sucesso, ao longo da evolução, as aranhas percorreram a via da genética.

A engenharia e a arquitetura da teia evoluíram ao longo de milhões de anos. Do ponto de vista da engenharia, a teia desenvolveu-se a partir da fisiologia da aranha, e seus 'laboratórios' seriam glândulas de seda situadas na extremidade posterior do abdome, que produzem diversos tipos de sedas. Quanto à arquitetura, também diversificada, as teias ganharam com o tempo desenhos intrincados, que refletem padrões complexos



Figura 2. A aranha social de Darwin, *Parawixia bistriata*, é espécie muito comum nos cerrados do Brasil, no Paraguai e no norte da Argentina. É a única espécie de teia orbicular conhecida a cooperar na captura de presas.

de comportamento. A aranha e a teia podem ser consideradas como uma unidade, e o sucesso adaptativo desse animal, em grande parte, está ligado à história do sucesso e eficiência da teia e de seus materiais formadores (figura 2).

A teia é, antes de tudo, uma extensão do aparato sensorial da aranha. O fio de seda é ótimo transmissor de vibrações, através das quais a aranha percebe o mundo ao seu redor. A vibração na teia é a principal fonte de informação iniciadora do comportamento de predação por parte da aranha. O ambiente formado pela teia serve não apenas de armadilha para captura de presas, mas de meio de comunicação. Através das vibrações, a aranha pode distinguir entre presas e indivíduos da mesma espécie, abrindo-se a partir daí a possibilidade da cooperação e da vida social. Pode-se supor que o grau de organização social de uma dada espécie seja medido através de sua capacidade de comunicação com outros indivíduos da mesma espécie.

As teias comuns são construídas em grandes áreas livres (clareiras no interior da floresta ou espaços entre árvores do cerrado, por exemplo), ao contrário das teias das aranhas solitárias, que necessitam de pontos de apoio situados a distâncias menores. Essa característica de construção parece ter trazido às aranhas sociais grande vantagem: a conquista de novo espaço, rico em insetos voadores e pobre em aranhas competidoras. Essa hipótese foi proposta há duas décadas para explicar a formação

de grupos sociais em algumas espécies, como *Cyrtophora moluccensis*, *P. bistriata*, *Metabus gravidus*, *Philoponella semiplumosa*.

Cooperação na captura de presas

Os maiores obstáculos ao desenvolvimento da sociabilidade em aranhas parecem ser o comportamento predatório e a intolerância a indivíduos da mesma espécie. Aranhas que não apresentam tolerância geralmente agem como se outros indivíduos de sua espécie fossem presas.

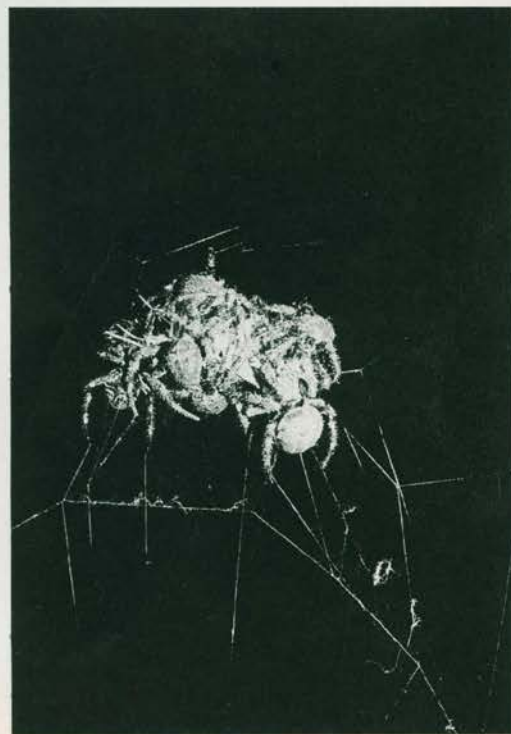
A teia, no entanto, pode ser imaginada como um ninho, que oferece proteção e traz benefícios a todos os integrantes da colônia. Sua construção representa uma oportunidade evolutiva para o desenvolvimento de cooperação e comportamento social entre as aranhas. Isso é válido para as teias emaranhadas e para as de tipo lençol ou funil, mas não se pode dizer o mesmo para as teias orbiculares. O padrão de comportamento complexo e ritmado necessário para a construção desse tipo de teia geométrica pode ser cumprido por apenas um indivíduo.

Tal comportamento de construção, geneticamente estabelecido, é tão preciso e eficiente que qualquer mudança evolutiva, no sentido de permitir a participação de mais de um indivíduo, poderia ser desastrosa. Isso bloqueia uma via importante para o surgimento da organização social. De fato, praticamente todas

as espécies de aranhas que cooperam na captura de presas constroem teias não-orbiculares, mas há exceções, como *P. bistriata* (figura 3).

Se o investimento energético na construção da teia orbicular individual é alto, contribuindo para tornar as aranhas animais agressivos e territoriais, como teria surgido a cooperação na captura de presas em *P. bistriata*? Tal comportamento pode ter evoluído por rota diferente da trilhada por aranhas com outros tipos de teia. Um exemplo é a limitação da evolução de outros comportamentos sociais, como a formação de castas, ou seja, divisões de trabalho e reprodução. A função de comunicação da teia, por exemplo, pode favorecer a formação de colônias. Como apenas aranhas do mesmo tamanho – por razões estritamente físicas – têm percepção igual das vibrações transmitidas pelos fios, uma aranha pode interpretar erradamente um sinal e confundir outros indivíduos de sua espécie, de tamanhos diferentes, com presas potenciais. Isso favorece a

Figura 3. Cooperação na captura de presas por indivíduos de *P. bistriata* na teia de um dos indivíduos da colônia. Esse fenômeno ocorre quando a presa é grande demais para que uma aranha a ataque sozinha. Se a presa fosse menor, a 'dona' da teia não permitiria a entrada de outras aranhas.



formação de colônias com aranhas do mesmo tamanho, sem castas, o que foi confirmado em estudos.

Uma das maneiras de obter pistas sobre os passos do processo de evolução da cooperação em teias orbiculares está na observação da captura de presas por aranhas coloniais. São colônias as aranhas que constroem teias individuais mas apresentam algum tipo de cooperação, e sociais as que elaboram teias coletivas. Nas espécies coloniais, as teias individuais agrupam-se de tal forma que seus fios de suporte se entrelaçam. Vibrações provocadas por presas em teias vizinhas podem ser percebidas por todas as aranhas, que assim recebem – em comparação com aranhas isoladas – mais informação sobre a quantidade de presas disponível no ambiente. Uma colônia de aranhas de teia orbicular, portanto, assemelha-se a uma ‘central de informações’.

Outras vantagens da caça em grupo são a maior chance de captura e a possibilidade de dominar presas maiores do que as capturadas por aranhas solitárias. Quando um inseto bate contra uma das teias e consegue escapar, tende a ricochetear contra uma teia vizinha, o que dificulta a fuga. Esse efeito ‘ricochete’ foi descrito em espécies mexicanas do gênero *Metepeira*. A redução do tempo de captura, com o aumento do número de aranhas envolvidas, é mais um benefício da colônia. A cooperação na captura de presas, sem cooperação da construção da teia, parece ter surgido de forma independente em pelo menos sete famílias – não-aparentadas – de aranhas.

Se a caça comunal apresenta tantas vantagens, por que tal comportamento só ocorre em regiões tropicais? Ainda não há resposta definitiva, mas propõe-se que, além da ausência do frio, os principais fatores que estimulam a cooperação na caça sejam a maior quantidade de presas no ambiente tropical e sua maior constância ao longo

Figura 4.
Colônia de
A. eximius
encontrada
na Mata
Atlântica, em
Pernambuco.



do ano, e também a maior diversidade de parasitos, predadores e aranhas competidoras.

Cooperação na construção da teia

As teias de certas aranhas sociais são claramente divididas em áreas de ‘moradia’, formadas de câmaras e túneis, e áreas de caça, com grandes regiões planas ou irregulares para a captura de presas. Nas câmaras há uma ‘sala’ para as ootecas (sacos de ovos) e para aranhas jovens e adultas, o que reforça a importância da função protetora. Como a maioria esmagadora das aranhas sociais constrói teias, acredita-se que a comunicação através dos fios de seda seja importante pré-requisito para a sociabilidade.

Entre as aranhas com sociabilidade mais complexa, no Brasil, há uma espécie da família Theridiidae, *Anelosimus eximius* (figura 4), também encontrada no Panamá, Venezuela, Guiana, Equador, Peru e Argentina. Essa aranha passa toda a vida em colônias de 100 a 10 mil indivíduos, de ambos os sexos. Os integrantes da colônia cooperam na construção de apenas uma teia comunal, perene e complexa, preferencialmente construída em árvores ou arbustos, a um metro ou mais do solo. Em geral, essas teias possuem áreas de refúgio e áreas de captura. As colônias dessa espécie caracterizam-se pela dominância das fêmeas.

As teias comunitárias podem ocupar vários metros cúbicos e apresentar duas

formas de divisão: pela dispersão de fêmeas grávidas (que iniciam novas colônias solitariamente) e pela migração de grupos de indivíduos (que juntos formam novas colônias). O segundo tipo é predominante. As colônias pequenas formadas após a dispersão, com uma fêmea ou poucos indivíduos, sofrem alta mortalidade por predação.

Prós e contras da vida social

Apesar de permitir a captura de presas muito maiores do que as obtidas por aranhas solitárias – *A. eximius*, por exemplo, captura até 90% de presas de tamanho grande –, a vida em sociedade pode ter desvantagens. A espécie *Agelena consorciata* mostra maior longevidade quando em grupo, mas indivíduos retirados de colônias e isolados tiveram, em experimentos, aumento no número de ovos postos.

Em *Philoponella oweni*, espécie que vive tanto em comunidade quanto solitariamente, não há diferença na produção de ootecas entre as duas formas, mas na vida comunal a produção de ovos por ooteca é maior e ocorre maior mortalidade por parasitismo em ootecas. O balanço final, nos dois casos, é um número médio de prole equivalente.

Se os insetos parasitos podem localizar com maior facilidade um grupo de teias, por seu maior volume, do que uma teia isolada, também é possível que presas em potencial evitem com mais facilidade teias maiores. Estudos mostraram que colônias

CARACTERÍSTICAS	SOCIEDADES DE INSETOS	SOCIEDADES DE ARANHAS
INTERAÇÃO	Obrigatória. Indivíduos isolados experimentalmente não sobrevivem por longo tempo.	Obrigatória. Indivíduos isolados experimentalmente são capazes de sobreviver por longo tempo.
ESTABILIDADE	Equilíbrio preservado por numerosos controles internos.	Sem dados.
CLAUSURA	Antagonismo em relação a intrusos de outras colônias da mesma espécie.	Tolerância a intrusos de outras colônias da mesma espécie.
CASTAS E ELOS SOCIAIS	Castas hierárquicas, com castração psicológica (dominância): apenas alguns indivíduos exercem a função de reprodução.	Ausência de castas e castração psicológica. Todos os adultos são férteis. Igualdade para todos os integrantes da colônia.
ORIGEM DAS CASTAS	Alimentação diferenciada produz indivíduos de cada casta.	Ausência de castas.
COMUNICAÇÃO	Química (feromônios) e mecânica (tato).	Mecânica (tato e vibrações) e química (feromônios).
TRABALHO COLETIVO	Coordenação complexa de tarefas.	Coordenação complexa de tarefas.
POLIETISMO	Presente e vinculado à evolução psicológica dos indivíduos.	Possível, mas não existem dados suficientes.
FUNDAÇÃO DE COLÔNIAS	Existem vários tipos: com ou sem isolamento de indivíduos reprodutivos, por divisão de colônias ou por ruptura de colônias	Dados escassos: pode ocorrer por isolamento de indivíduos ou por ruptura de colônias facilitada por serem férteis todos os indivíduos.
SOBREPOSIÇÃO DE GERAÇÕES	Sim. Tem consequências como cuidado parental e defesa do ninho.	Sim. Tem consequências como cuidado parental e defesa do ninho.
'SUPERORGANISMO'?	Parece ser, em função do grau de interdependência.	Incerto, em função da ausência de castas.

Figura 5. Comparação das características de sociedades de insetos e de aranhas.

muito visíveis de *C. molluscensis* eram evitadas por possíveis presas. Devem existir, portanto, limitações ecológicas que controlem o crescimento populacional e o tamanho da teia construída pela colônia.

A dispersão através da migração de

vários indivíduos, de ambos os sexos e idades variadas, poderia funcionar como mecanismo de controle da densidade populacional. Isso aconteceria quando os espaços para o crescimento da colônia ou para a construção de teias de caça

ficassem limitados. Em situações em que o espaço é ilimitado, porém, as colônias também podem fragmentar-se, em busca de sítios supostamente mais ricos em insetos voadores. Segundo estudos com *A. eximius*, na Amazônia, a taxa de fragmentação é maior em colônias situadas em ambientes perturbados, como a borda e os fragmentos da floresta, do que em ambientes mais estáveis, no interior da floresta.

Evolução da sociabilidade

Nenhuma aranha social – com a possível exceção de *A. eximius* – apresenta castas reprodutivas. Entre as aranhas, a organização social não pode ser considerada eussocial (com sociabilidade verdadeira, que inclui cooperação no cuidado com a prole, sobreposição de gerações e divisão reprodutiva do trabalho). Tais castas reprodutivas ocorrem quando alguns indivíduos abrem mão da reprodução para dar assistência a indivíduos da colônia especializados nessa tarefa, como acontece em várias espécies de formigas, vespas, cupins e abelhas.

Sociedades de aranhas apresentam estruturas diferentes (figura 5) das observadas em outros artrópodos (animais invertebrados, com esqueleto externo e membros articulados, como insetos, crustáceos, aracnídeos, miriápodes e outros grupos). A diferença está no uso da teia comunitária principalmente para a captura de presas – a proteção da colônia é uma finalidade secundária. Nos insetos sociais, ao contrário, a função da construção social do ninho é principalmente a proteção dos jovens. Mas as características das sociedades das aranhas, como tolerância a indivíduos de outras colônias e ausência de castas reprodutivas ou hierarquias, não podem ser atribuídas a um grau inferior de organização social. Para compará-las com os insetos eussociais é preciso considerar a natureza diferente de cada sociabilidade.

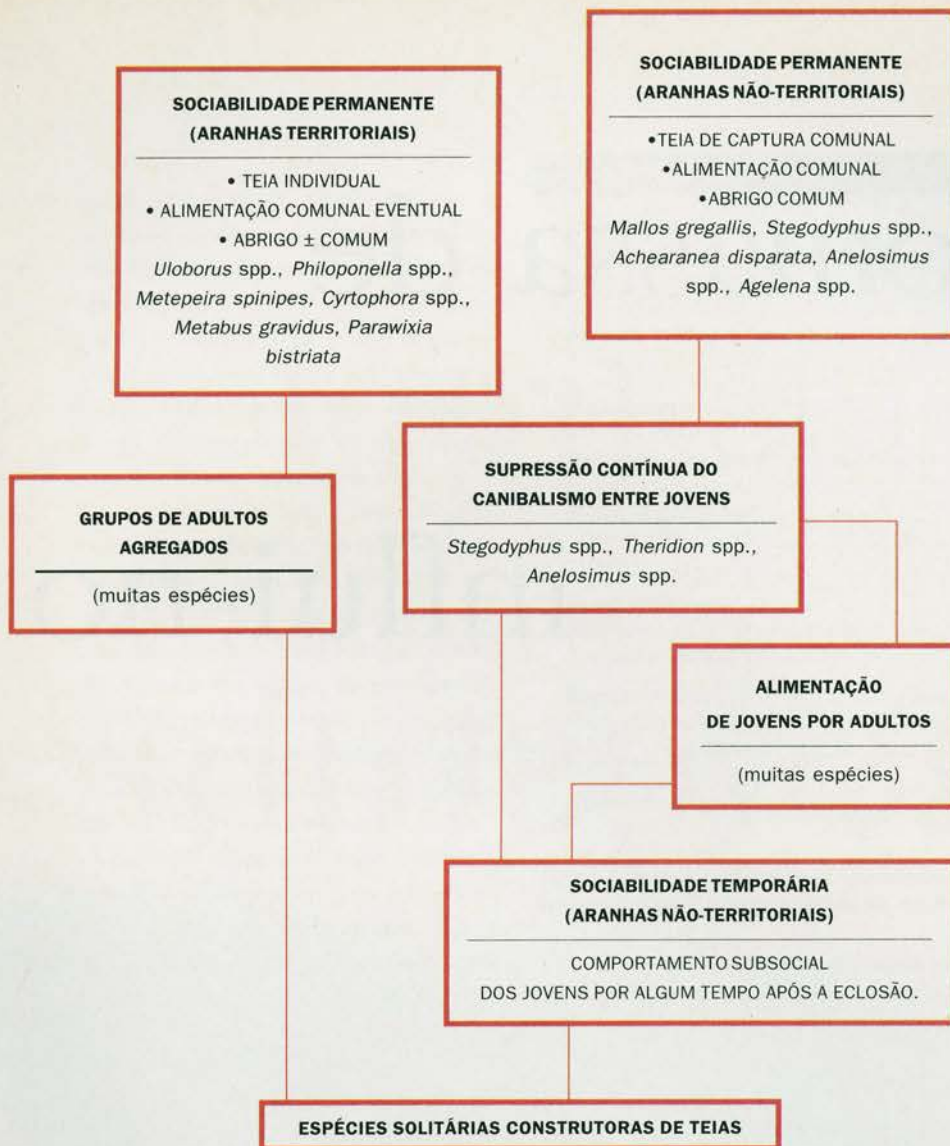


Figura 6. Sequência – hipotética – de eventos que levaram à sociabilidade em aranhas.

As principais vantagens da sociabilidade entre as aranhas, segundo estudos, são: a) economia no número de ovos postos; b) maior sucesso da ninhada; e c) nenhuma restrição à capacidade reprodutiva das fêmeas.

O comportamento social em aranhas, supostamente, mantém-se em função de vários fatores:

- 1) fuga da predação;
- 2) redução do parasitismo graças ao aumento da capacidade de defesa da colônia;
- 3) ocupação de novos espaços; e
- 4) aumento da eficiência na caça.

A evolução da sociabilidade, em aranhas, ainda é pouco conhecida na maior parte dos casos. Em espécies com sociabilidade mais complexa, como *A*

eximius, *Anelosimus lorenzo*, *A. consorciata*, *Stegodyphus sarasinorum* e outras que apresentam sobreposição de gerações, indivíduos jovens alimentam os recém-nascidos. Alguns pesquisadores sugerem que tal comportamento teria surgido por seleção de parentesco, como é chamada a seleção de genes ocorrida quando o comportamento de certos indivíduos favorece ou prejudica a reprodução de outros, os quais têm, por relação de parentesco, uma fração dos genes em comum com os primeiros.

Pouco se sabe, no entanto, sobre o grau de parentesco em colônias de aranhas sociais, pois estas não mantêm fidelidade à teia colonial ou comunal, aceitando indivíduos da mesma espécie vindos de colônias próximas ou distantes.

A única exceção conhecida é a aranha australiana *Delena cancerides*, da família Sparassidae, que vive em abrigos sob cascas de árvores, em colônias com número reduzido de adultos: até seis fêmeas e três machos. Como estes geram várias ninhadas de jovens, a população total chega a centenas de indivíduos, que permanecem na colônia até a maturidade sexual. Há divisão de presas entre os membros da colônia e é possível que a presença de abrigos seja o principal fator limitante do tamanho da colônia.

Além de rejeitar indivíduos de outras colônias, *D. cancerides* é também a única espécie, entre aranhas não-construtoras de teias, a apresentar comportamento social além do cuidado com a prole. Talvez isso resulte de duas características muito semelhantes às de insetos sociais: a sobreposição de gerações e a dependência de um abrigo com função estritamente protetora. A descoberta recente – há cerca de uma década – da sociabilidade nessa espécie mostra como esse interessante grupo de organismos é desconhecido.

Apesar dessa descoberta, a presença da teia ainda figura como a principal pré-adaptação das aranhas em direção à sociabilidade (figura 6). A transmissão de sinais vibratórios e a presença de substâncias químicas na teia poderiam permitir comunicação suficiente para o surgimento da tolerância e da cooperação. Interações sociais rudimentares aparecem no cuidado com a prole, no fim da territorialidade entre as teias e na interação de indivíduos recém-nascidos na teia comunal.

As sociedades de aranhas são únicas, em função dos mecanismos de tolerância que esses animais desenvolveram. Tais mecanismos podem ser contrastados com a dominância que geralmente origina castas em insetos sociais. As respostas finais sobre a origem da sociabilidade nesse grupo de organismos, no entanto, estão espalhadas em muitas espécies, e ainda exigem muitas pesquisas.

Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa?

Rafael de Paiva Salomão

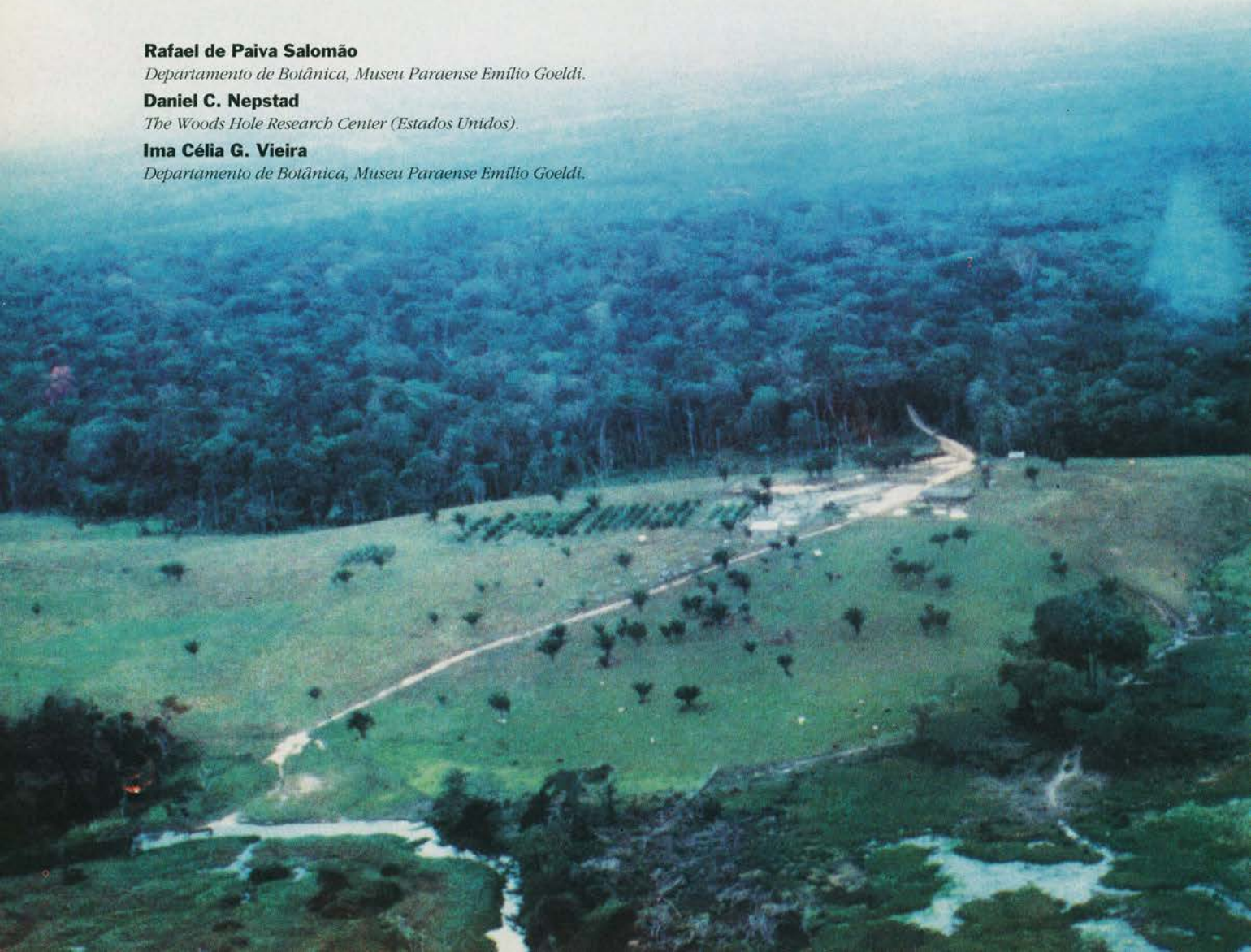
Departamento de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi.

Daniel C. Nepstad

The Woods Hole Research Center (Estados Unidos).

Ima Célia G. Vieira

Departamento de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi.



Nem todo carbono das queimadas vai criar o efeito estufa.

sendo devidamente avaliado nas pesquisas que estudam os efeitos nocivos dos desmatamentos.

Tal absorção vem ocorrendo em mais de 50% das áreas desmatadas da região, num fluxo bem diferente do que ocorre no ecossistema tropical primitivo. Quanto acumulam essas áreas secundárias, conhecidas como capoeiras? Qual seria, afinal, o estoque de carbono da biomassa das florestas tropicais primárias?

Estudo realizado no nordeste do Pará procura responder a estas perguntas, valendo-se de um fragmento de 200 ha de florestas, preservado nas proximidades de Peixe-Boi. Uma coisa é certa: as florestas secundárias atuam como reservatórios naturais renováveis de carbono, seqüestrando, no seu crescimento, parte do carbono liberado no desmatamento, processo que está intimamente relacionado ao efeito estufa.

Parte é
seqüestrado
pelas florestas
secundárias

Os possíveis impactos dos desmatamentos na Amazônia brasileira são um foco permanente de inquietação mundial, principalmente quando se fala no chamado efeito estufa. Tais desmatamentos contribuem significativamente para o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, o que pode provocar importantes variações climáticas em todo o planeta. Em 1988, a floresta amazônica brasileira já teria perdido 6,4% do tamanho original – a devastação, portanto, já atingia 268 mil km^2 , segundo estimativa de Philip Fearnside (que não inclui desmatamentos feitos antes de 1960). Além disso, segundo o mesmo autor, as novas derrubadas na floresta, incluindo matas primárias e matas secundárias mais velhas, representam 20 mil km^2 por ano.

As florestas tropicais úmidas caracterizam-se por alta taxa de produtividade primária, ou seja, acumulam considerável quantidade de carbono na totalidade da massa vegetal, a biomassa. A substituição dessas florestas por pastagens e culturas agrícolas, aliada à prática de queima e decomposição de sua biomassa, libera para a atmosfera o carbono, sobretudo na forma de CO_2 , principal responsável pelo efeito estufa. O cálculo do fluxo anual de carbono associado à atividade humana (ver 'O ciclo do carbono') é essencial para a avaliação desse aquecimento global. Por isso, uma das iniciativas da Conferência Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92), promovida há quatro anos, no Rio de Janeiro, pela Organização das Nações Unidas, foi a conclusão de um

tratado internacional do clima, assinado por vários países, inclusive o Brasil, exigindo de cada um deles esse cálculo.

Se a emissão de carbono pela queima de combustíveis fósseis é bem conhecida, o mesmo não ocorre com emissões ligadas ao desmatamento e ao uso da terra. As incertezas começam na avaliação da real intensidade do processo de desmatamento, freqüentemente imprecisa, o que gera grandes diferenças entre as estimativas. A produção de informações corretas sobre o tamanho da área desmatada na Amazônia é problema ainda não resolvido. Também são insuficientes os dados sobre o conteúdo de carbono da vegetação de florestas tropicais (primária e secundária). A principal incerteza quanto ao fluxo de CO_2 decorrente de desmatamentos está na

O ciclo do carbono

O ciclo do carbono está tão intimamente relacionado ao clima do planeta que, na opinião de Eric T. Sundquist, "deveriam ser tratados como partes de apenas um sistema global e não como entidades separadas". Esse ciclo envolve a liberação para a atmosfera desse elemento químico (por oceanos, solos, plantas e pela queima de combustíveis fósseis e biomassa vegetal) e sua absorção (por oceanos e plantas). Vários estudos têm demonstrado a tendência de um aquecimento médio do planeta, da ordem de 1,5°C a 4,5°C, até meados do próximo século. Mantida essa tendência, tal aquecimento provocará a rápida liberação de vários gases ligados ao efeito estufa (principalmente CO₂) pelas florestas e pelos solos, acelerando o aquecimento e acrescentando, potencialmente, bilhões de toneladas de carbono por ano à liberação atual.

No ciclo global do carbono estão envolvidos o homem, plantas, animais (incluindo os que decompõem matéria orgânica) e oceanos. Através da fotossíntese, as plantas retiram anualmente cerca de 100 Gt (gigatoneladas) de carbono da atmosfera, na forma de CO₂ (uma Gt equivale a um bilhão de toneladas). Essa absorção é compensada pela devolução do gás, através da respiração das plantas e dos solos: cada um libera cerca de 50 Gt anuais. No mesmo período, processos físico-químicos ocorridos na superfície do mar liberam para a atmosfera cerca de 100 Gt e absorvem cerca de 104 Gt. A queima de combustíveis fósseis e os desmatamentos liberam, respectivamente, cerca de 5 Gt e 2 Gt. O aumento líquido da quantidade de carbono na atmosfera, portanto, é de cerca de

3 Gt por ano, segundo estudos de Richard A. Houghton & George M. Woodwell.

Quando florestas tropicais são derrubadas, ocorre redução excessiva da quantidade de carbono na vegetação e no solo: todo o carbono contido nas árvores e

parte do que está no solo são liberados para a atmosfera, na forma de CO₂. Apenas uma pequena parte é redistribuída no solo ou carregada pelos rios. Em florestas tropicais, ao contrário do que se observa em outros tipos de floresta, a vegetação tem maior quantidade de carbono do que os solos que as sustentam. Os desmatamentos, em sua totalidade, causaram, entre 1860 e 1980, uma liberação global líquida de carbono entre 135 Gt e 228 Gt. Só em 1980, o ingresso global líquido de CO₂ na atmosfera decorrente de mudanças no uso do solo, foi de 1,8 Gt (com margem de erro de ± 0,9 Gt), e ocorreu quase totalmente em áreas tropicais.

As florestas secundárias exercem importante função: ao acumular biomassa através da fotossíntese, absorvem CO₂ da atmosfera, compensando as emissões causadas por atividades humanas. Entretanto, a tradicional agricultura itinerante (de queima e roça), que mantém essa vegetação secundária, com o sistema de pousio, está sendo substituída pela pecuária e pela colonização agrícola em pequena escala. Estima-se que cerca de 5 milhões de ha já se tornaram pastagens degradadas em toda a Amazônia.

Na Amazônia Oriental, onde a transformação de florestas em fazendas de gado é comum, estudos de Christopher Uhl demonstraram que a taxa de recuperação da floresta, após o abandono da pastagem, é inversamente proporcional à intensidade de uso do terreno. Perturbações causadas por pastagens, na região amazônica, são mais prejudiciais do que as da agricultura de corte e queima, por três motivos: são freqüentemente prolon-

gadas e podem tornar o solo extremamente estéril; exigem repetidas queimadas e capinas, destruindo os mecanismos de regeneração da área; e comprometem seriamente, por sua extensão, a dispersão das sementes a partir de florestas distantes.

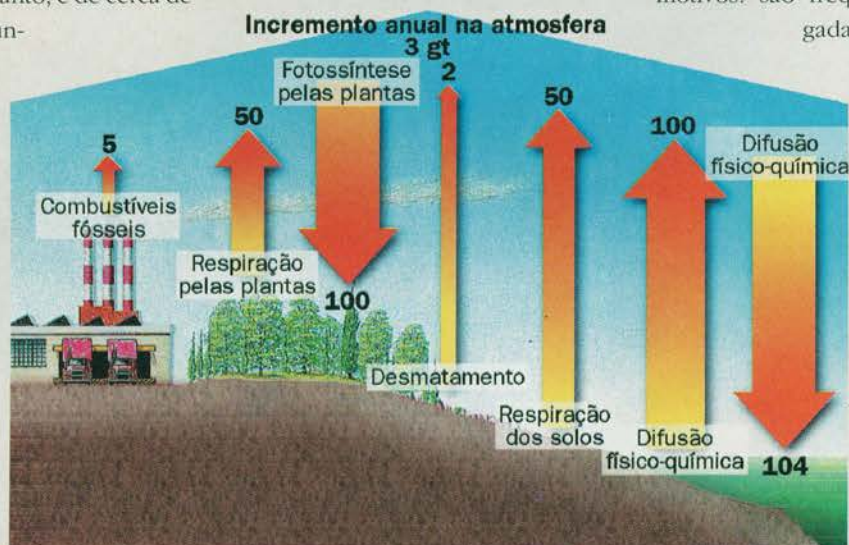


Diagrama do fluxo anual de carbono no mundo.

estimativa da biomassa total (aérea e subterrânea) das florestas. Outro ponto em discussão é a taxa de acumulação de carbono pela vegetação secundária, através da fotossíntese: é notável a ausência de informações sobre essa acumulação em florestas secundárias submetidas a vários ciclos de corte de queima, sobretudo no caso da Amazônia brasileira.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a análise de imagens de áreas do Pará e do Maranhão, obtidas pelo satélite de sensoriamento remoto Landsat, demonstra que, em mais de 50% das áreas desmatadas, agora ocupadas por vegetação secundária de crescimento rápido, conhecida como capoeira, ocorre absorção líquida de carbono (figura 1). Os modelos matemáticos usados para calcular o efeito estufa têm que levar em consideração essa transformação de áreas desmatadas em novas fontes de absorção e estocagem de carbono. Em tais ecossistemas, o fluxo de gases é diferente do observado no ecossistema florestal primitivo.

Mas qual seria o estoque de carbono da biomassa da floresta tropical primária densa? E qual seria a taxa de acumulação de carbono das florestas secundárias (capoeiras), após o abandono? A tentativa de responder a essas questões é o objetivo deste estudo, realizado na paisagem agrícola próxima à localidade de Peixe-

PARA A FLORESTA PRIMÁRIA
(equação proposta por
Sandra Brown e colaboradores)

$$Y = 0,0899 \cdot (D^2 \cdot H \cdot S)^{0,9522}$$

Y = biomassa aérea em peso seco
(kg por árvore);
D = diâmetro (DAP) da árvore (cm);
H = altura total da árvore (m);
S = densidade da madeira (g/cm³).

PARA FLORESTA SECUNDÁRIA
(equação proposta por
Christopher Uhl e colaboradores)

$$\ln Y = -2,17 + 1,02 \ln X_1 + 0,39 \ln X_2$$

Y = biomassa aérea em peso seco
(kg por árvore);
X₁ = diâmetro (DAP) da árvore (m²);
X₂ = altura total da árvore (m);
ln = logaritmo neperiano.

Figura 3. Equações alométricas (que dizem respeito às taxas desiguais de crescimento das diferentes partes de um organismo) usadas para calcular a biomassa das florestas.

Boi, no nordeste do Pará (ver 'A Região Bragantina e a agricultura itinerante'), e em um fragmento de 200 ha de floresta primária, talvez o último de toda a região, preservado na Fazenda Monte Verde, no mesmo município, pelo médico Danilo Virgílio Mendonça, conservacionista com visão do futuro das florestas úmidas em áreas com elevada densidade demográfica (figura 2).

A avaliação exigiu cuidadosa amostragem da vegetação desses ecossistemas. Na floresta primária densa foram registradas, em 3 ha, todas as árvores com DAP maior ou igual a 10 cm (o DAP é o diâmetro a 1,3 m do solo ou acima do ponto onde começam as sapopemas, ou seja, as raízes tabulares). As árvores com DAP maior ou igual a 5 cm e inferior a 10 cm foram incluídas em subamostragem que abrangeu 0,6 ha. A vegetação secundária (capoeira) foi dividida em três

classes de idade, segundo o tempo decorrido desde o último corte e queima: cinco, 10 e 20 anos (curto, intermediário e longo, respectivamente), registrando-se, em áreas de 0,25 ha para cada classe, todas as árvores com DAP maior ou igual a 5 cm. Nas capoeiras, a pesquisa incluiu apenas áreas de agricultura itinerante (de corte e queima), método característico da região, desprezando terrenos em que foi usada mecanização ou aplicados pesticidas, herbicidas e fertilizantes. Dependendo da quantidade de insumos e/ou mecanização, a recuperação posterior da floresta pode ser maior ou menor do ponto de vista quantitativo (número de indivíduos, biomassa), mas certamente será menor do ponto de vista ecológico (biodiversidade, número de espécies). A biomassa foi estimada através de equações alométricas (figura 3).



Figura 1. Capoeira antiga, crescida sobre área desmatada, sofrendo novo desmatamento para uso agrícola.



Figura 2. Vista parcial do fragmento de floresta primária preservado na Fazenda Monte Verde.

A região Bragantina e a agricultura itinerante

A principal característica da região Bragantina, situada a nordeste do Pará e mais antiga área de agricultura itinerante da Amazônia brasileira, é a formação de capoeiras novas e de baixo porte. Tais capoeiras decorrem das tradicionais práticas de queima e roça, de intensidade variável e períodos de pousio geralmente curtos. Dos quase 1 milhão de ha de floresta densa existentes na área no



Paisagem agrícola predominante na região Bragantina.

início do século, restam hoje menos de 2%, segundo dados do Centro de Sensoriamento Remoto da Amazônia, da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam).

A ocupação agrícola do nordeste paraense e o consequente adensamento da população são explicados não em função de condições fisiográficas ou climatológicas, mas em função do processo histórico. A colonização foi planejada, no último quarto do século passado, a partir da ferrovia Belém-Bragança, construída com dois objetivos: criar na região uma área de abastecimento de alimentos para Belém e encurtar a distância entre Belém e São Luís (MA). Os primeiros colonos, imigrantes franceses e espanhóis, não se fixaram na terra. Já no final do século passaram a predominar os migrantes nordestinos, 'empurrados' pelas secas em sua região de origem.

Assim, a região Bragantina tornou-se fronteira agrícola, povoada espontaneamente por contingentes de agricultores de subsistência, pressionados pela falta de terras, já que os projetos de colonização, tanto do governo paraense como de particulares, não deram resultado e foram abandonados. Quase sem capital e usando tecnologia rudimentar, esses migrantes mantiveram na região a tradicional agricultura amazônica de rotação de terras e os sistemas produtivos típicos da economia de subsistência nordestina. A prática da rotação de terras consiste na derrubada e queima de

áreas de florestas primárias, para o cultivo, e no posterior abandono dessas áreas em favor de novas, também obtidas por corte e queima. Essa prática era a melhor alternativa para o produtor de subsistência, em termos de liberação de nutrientes para as culturas e de controle de invasores.

Hoje, a região Bragantina continua a ser essencialmente agrícola, e em geral man-

tém as práticas primitivas e tradicionais, de características extensivas e itinerantes. A economia é baseada em culturas alimentícias (mandioca, arroz, milho e feijão) e comerciais (fumo, pimenta-do-reino e malva, entre outras). A mandioca ocupa a maior área de cultivo: é o primeiro produto plantado após a derrubada da mata, dividindo os roçados com o arroz e o milho, e em geral é mantido por cerca de dois anos no mesmo terreno. O uso de métodos rudimentares e predatórios torna os solos impróprios para outras culturas, levando ao abandono das áreas, após a colheita, para repouso (pousio), o que propicia a formação de capoeiras (ver 'O renascimento da floresta no rastro da agricultura', em *Ciência Hoje* nº 119). Tais capoeiras voltam a ser desmatadas, após algum tempo, para novos períodos de cultivo, que duram de um a três anos, e essa repetição do ciclo de corte e queima, segundo minucioso estudo de Manfred Denich, tem como consequência "a progressiva redução de produtividade dos sistemas de produção agrícola" da região.

Também teve importância na história da região um produto comercial (extrativo) que durante muitas décadas encontrou amplo mercado: a lenha. Consumida pela ferrovia, pelas casas de farinha e por cozinhas domésticas, padarias e olarias, entre outras, a lenha coletada contribuiu de maneira decisiva para a degeneração mais rápida das capoeiras, seja através do consumo *in natura*, seja sob a forma de carvão vegetal.

Floresta primária

Na floresta tropical primária densa, a pesquisa estimou uma biomassa aérea viva (árvores e cipós com DAP maior ou igual a 5 cm) de 267 toneladas (peso seco) por hectare (t/ha) e uma biomassa subterrânea viva (parte de troncos e raízes) de 68 t/ha, enquanto a biomassa morta (árvores mortas ainda em pé, troncos caídos e liteira) alcançou 53 t/ha. A biomassa total, portanto, foi estimada em 388 t/ha. Essa quantificação da biomassa total das florestas neotropicais varia de 185 t/ha (estudos realizados na Colômbia) até 406 t/ha (Brasil), em função de vários fatores, principalmente a extrapolação (e/ou interpretação) errônea da tipologia florestal e a inclusão (total ou parcial) ou não das diversas frações da biomassa.

Em vários estudos sobre florestas tropicais, a estimativa refere-se apenas à fração majoritária da biomassa total: a parte aérea viva (troncos, galhos e folhas) de árvores geralmente com DAP maior ou igual a 10 cm. No entanto, para obter um dado mais próximo da realidade, é preciso quantificar os diversos componentes. Neste estudo (figura 4), a biomassa morta equivale a 13,6% da biomassa total, cabendo à biomassa viva os restantes 86,3%, divididos entre a parte aérea (68,8%) e a parte subterrânea (17,5%). Isso significa que a biomassa subterrânea, desprezada em alguns estudos, representa 20,3% (um quinto) da biomassa viva.

O valor de 388 t/ha também é uma aproximação, já que não há dados sobre todos os componentes do ecossistema, como, por exemplo, troncos mortos (ainda em pé) com DAP menor que 10 cm e plantas com DAP menor que 5 cm. Neste cálculo também foram introduzidas cinco estimativas (sobre troncos caídos, porção subterrânea de troncos, raízes profundas, raízes superficiais e liteira), obtidas em estudos de outros pesquisadores em diferentes locais da Amazônia brasileira – nenhum deles na região Bragantina.

COMPONENTES

VALOR (t/ha)

Calculados

Biomassa aérea viva (DAP $\geq$ 10 cm)	250
Biomassa aérea viva (5 cm $\leq$ DAP < 10 cm)	16
Cipós (DAP $\leq$ 5 cm)	1
Árvores mortas e em pé (DAP $\geq$ 10 cm)	17
TOTAL 1	284

Estimados

Troncos caídos	22
Porção subterrânea de troncos de árvores vivas	13
Raízes profundas	40
Raízes superficiais	15
Liteira	14
TOTAL 2	104

Indeterminados

Biomassa total de árvores com DAP < 5 cm	?
Árvores mortas caídas e em pé com DAP < 10 cm	?

Biomassa total (1 + 2)

Biomassa total (1 + 2)	388
Biomassa viva	335
aérea	267
subterrânea	68
Biomassa morta	53

Figura 4. Valores calculados e estimados dos vários componentes da biomassa total da floresta tropical primária densa da região Bragantina.

A compartimentação da biomassa existente na floresta primária mostra (figura 5) que 62% das árvores amostradas por hectare (os indivíduos formadores do sub-bosque da floresta, com DAP entre 5 e 10 cm) respondem por apenas 6% da biomassa total. As árvores com DAP maior ou igual a 50 cm (2% do total) têm praticamente a mesma biomassa que as com DAP entre 10 e 50 cm (36% do total). Tal dado é interessante quando se

analisa o estoque de carbono e, em consequência, as emissões de carbono de áreas de extração seletiva de madeiras de valor econômico, já que muito raramente são abatidas árvores com DAP inferior a 50 cm. Na interpretação e análise de imagens geradas por satélites, as áreas de extração podem ser confundidas com florestas primárias intocadas, sobretudo quando agrupa-se as áreas correspondentes pela tipologia florestal.

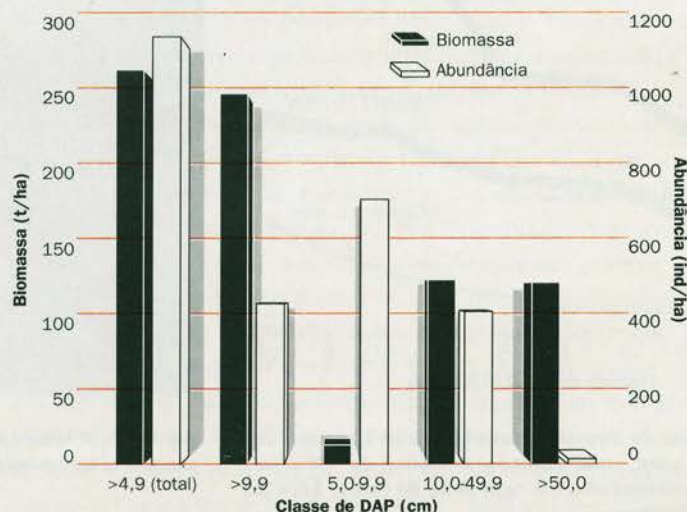


Figura 5. Compartimentação da biomassa e da abundância (indivíduos por ha) em intervalos distintos de diâmetros, na floresta tropical primária densa.

Floresta secundária

Nas florestas secundárias, a biomassa calculada neste estudo refere-se apenas à biomassa aérea viva (fração majoritária). Existem muito poucos dados sobre biomassa subterrânea viva ou biomassa morta para esses ecossistemas. As estimativas de 13 t/ha, 44 t/ha e 81 t/ha (para capoeiras de cinco, 10 e 20 anos, respectivamente) foram obtidas através das médias de 10 amostras de 250 m² em cada classe de idade, extrapoladas para um hectare (figura 6). A amostra com cinco anos de recuperação situada na área de solo mais desgastado gerou estimativa muito baixa (3,5 t/ha), e a amostra mais exuberante, nessa faixa de idade, atingiu 33,4 t/ha. Para a capoeira com 10 anos, o mínimo foi de 22,3 t/ha e o máximo de 62,8 t/ha, enquanto a de 20 anos variou de 48,1 t/ha a 131,5 t/ha. A variação nas estimativas de biomassa para as diferentes idades está diretamente ligada à história do uso da terra.

A história da área e a intensidade do uso do fogo (figura 7) na limpeza do terreno afetam a sucessão e, em consequência, o crescimento da vegetação secundária. Outros fatores que influem na regeneração dessa vegetação são as

práticas agrícolas locais – o tipo (temporário ou permanente) e o tempo (longo ou curto) de cultivo, a última cultura e o tamanho da área cultivada, a técnica de limpeza do terreno (manual ou mecânica) – e a proximidade e extensão de florestas primárias remanescentes. Práticas de manejo que eliminam as fontes de brotação de árvores e impedem a germinação também prejudicam a regeneração da floresta nativa, criando barreiras à dispersão de sementes e à sobrevivência dessas sementes e de plântulas de espécies arbóreas. Espécies oportunistas ou pioneiras, ao contrário, apresentam características adaptativas: brotação por raízes ou caules e invasão através de sementes.

A estimativa de 13 t/ha para a biomassa aérea das capoeiras de cinco anos é inferior a quase todas as citadas na literatura científica. Os baixos valores decorrem, sem dúvida, do aproveitamento intenso e das condições desfavoráveis do solo na região Bragantina. No ciclo tradicional de uso da terra – sete anos, sendo dois de cultivo e cinco de pousio –, as reservas de nutrientes são inferiores às de outras regiões na mesma idade (com o mesmo tempo de pousio).

Pesquisas comprovaram, em outros países, que é possível alcançar no mesmo período o triplo de biomassa aérea (cerca de 40 t/ha), desde que as condições do solo sejam melhores e seu uso menos intenso. A intensidade de uso da terra, as condições edáficas (os organismos vivos presentes no solo), a compactação do solo, o modo de regeneração das espécies e a proximidade ou não de uma fonte de germoplasma (floresta primária) são, a princípio, os maiores determinantes do acúmulo de biomassa pela vegetação secundária.

Em pastagens abandonadas no município de Paragominas (PA), colonizado a partir dos anos 60, Christopher Uhl e colaboradores dividiram a vegetação segundo a história de uso da terra (intensidade leve, moderada e pesada) e a idade (tempo de pousio). A acumulação de biomassa em terras com 4,5 anos de recuperação foi estimada em 51 t/ha para as usadas com intensidade leve e em 19 t/ha no caso de intensidade moderada. Em terras com oito anos de recuperação, foi estimada uma acumulação de 74 t/ha, 29 t/ha e 0,2 t/ha (para intensidade leve, moderada e pesada, respectivamente). Manfred De-

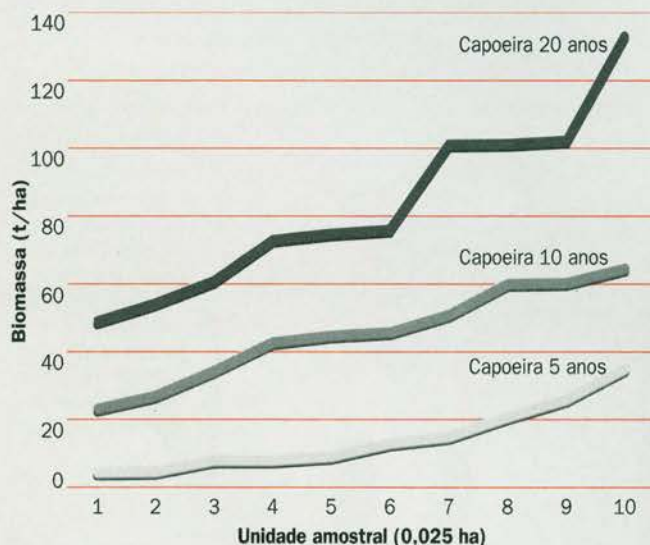


Figura 6. Estimativas da biomassa, em t/ha, extrapoladas dos valores calculados para cada unidade amostral de 250 m², ordenadas de forma crescente, em capoeiras de cinco, 10 e 20 anos da região Bragantina.



Figura 7. A intensidade do uso do fogo na limpeza do terreno afeta o crescimento da vegetação secundária.

nich analisou a vegetação secundária de quatro a cinco anos, em área de produção agrícola no município de Igarapé-Açu (PA), também na região Bragantina, próximo à área deste estudo, e estimou uma biomassa média de 19,9 t/ha. Em floresta secundária de 6,5 anos, formada em áreas de roças de arroz, milho e feijão, no Seringal Porongaba (AC), fronteira agrícola recente e com apenas um ciclo de cultivo, Irving F. Brown e colaboradores estimaram uma biomassa de 95 t/ha.

Comparando essas áreas, as usadas há mais tempo estão na região Bragantina (os municípios de Igarapé-Açu e Peixe-Boi são tradicionais áreas de produção agrícola, com muitos ciclos de cultivo), a posição intermediária cabe a Paragominas, que tem na pecuária a principal atividade, e as áreas no Acre são de uso mais recente. Uma análise simples desses resultados evidencia que a acumulação de biomassa, nesses ecossistemas, é inversamente proporcional à intensidade de uso do solo (figura 8).

As baixas estimativas de biomassa na região Bragantina também decorrem do aumento da população na área de influência dessa região e da demanda de alimentos. Tais fatores aumentaram a pressão sobre a terra, tornando mais curtos os períodos de pousio, menos produtivos os solos e mais sérios os danos ambientais. A redução do tempo de pousio aumentou as dificuldades bioecológicas para a sucessão vegetal e prejudicou a própria agricultura, já que

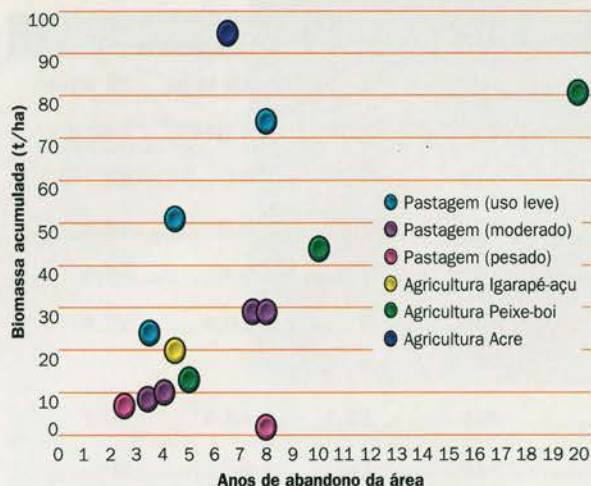


Figura 8. Estimativas do acúmulo de biomassa em pastagens abandonadas após diferentes intensidades de uso (leve, moderada e pesada) e em capoeiras crescidas em áreas de agricultura itinerante também abandonadas em Igarapé-Açu (capoeiras de 4,5 anos e vários ciclos de cultivo), no Acre (de 6,5 anos e um ciclo) e na região Bragantina (de cinco, 10 e 20 anos e vários ciclos).

a restauração da biomassa, em níveis essenciais, é vital para o ciclo agrícola. Baixos valores de biomassa levam à falência esse sistema de produção, ampliando a degradação ambiental, fato comprovado pelo rendimento das principais culturas temporárias no município de Peixe-Boi e em toda a microrregião Bragantina – notavelmente baixo, se comparado ao obtido em outros locais (figura 9).

Floresta primária versus floresta secundária

A síntese dos dados obtidos nos ecossistemas estudados (figura 10) traz algumas revelações. O número de indivíduos por hectare é, em capoeiras de cinco anos, 5% inferior ao registrado na floresta primária densa, mas em capoeiras de 10 e 20 anos esse número é

superior (63% e 40%, respectivamente). Já a biodiversidade cresce a uma taxa de cerca de 20 espécies em cada classe de idade na floresta secundária, enquanto a biomassa média por árvore, nas capoeiras de cinco, 10 e 20 anos, corresponde respectivamente a 2%, 4% e 9% da observada na floresta primária, e as árvores mais pesadas equivalem a 0,3%, 1% e 3% da árvore de maior peso da floresta primária (24,8 t) – a biomassa dessa única árvore é praticamente o dobro da biomassa de um hectare de capoeira de cinco anos.

Estudos realizados por Juan G. Saldarriaga e colaboradores na Amazônia colombiana e venezuelana demonstraram que as florestas secundárias (após agricultura) precisam de cerca de 190 anos para alcançar valores de biomassa e área basal (soma, para todas as árvores, da área da seção transversal do tronco, na

CULTURA PRODUTIVIDADE (KG/HA)						ÁREA DE CULTIVO (HA)	
	Peixe-boi	Bragantina	Pará	Amazônia*	Brasil	Peixe-boi	Bragantina
Mandioca	9.900	10.758	12.306 ..	13.022	11.824	170	28.824
Milho	500	682	1.096	1.391	1.761	650	14.330
Arroz	544	805	1.297	1.262	1.687	90	9.506
Feijão-caupi ..	550	541	587	544	494	120	5.277

Figura 9. Produtividade (em 1984) das principais culturas temporárias do município de Peixe-Boi e da região Bragantina, comparada às do Pará, da Amazônia e do Brasil.

	FLORESTA PD		CAPOEIRAS	
Parâmetros	5 anos	10 anos	20 anos	
Abundância (indivíduos/ha)	1.155	1.096	1.880	1.612
Biodiversidade (espécies/ha) ..	316	39	61	82
DAP médio (cm)	21,7	6,5	8,0	10,3
Altura média (m)	14,9	7,3	9,5	10,8
Área basal (m ² /ha)	26	4	10,9	17,5
Biomassa				
- aérea (t/ha)	265,7	13,1	43,9	80,5
- média p/ árvore (kg)	570	12	23	50
- maior árvore (kg)	24.800	71	279	657

Figura 10. Parâmetros bioecológicos e dendrológicos da floresta primária densa (PD) e de florestas secundárias (capoeiras) na Amazônia oriental brasileira.

mesma altura em que é medido o DAP) semelhantes aos da floresta primária. A comparação das duas variáveis confirma isso (figura 11).

Balanco preliminar de carbono

Considerando que o teor de carbono nas plantas de florestas tropicais é de cerca de 50% da biomassa (peso seco) e que a região Bragantina mantinha em 1986 apenas 2% (22.101 ha) de sua cobertura florestal original, foi elaborado um balanço preliminar do estoque de carbono

em florestas primárias e secundárias da região (figura 12). Mais antiga área de colonização da Amazônia, a região é constituída por 13 municípios que totalizavam, no início do século, 974.168 ha cobertos por florestas primárias.

Algumas considerações são fundamentais na interpretação dos dados do balanço:

a) como a biomassa total da floresta primária está subdimensionada (algumas frações dessa biomassa não foram quantificadas), o volume de carbono liberado também está;

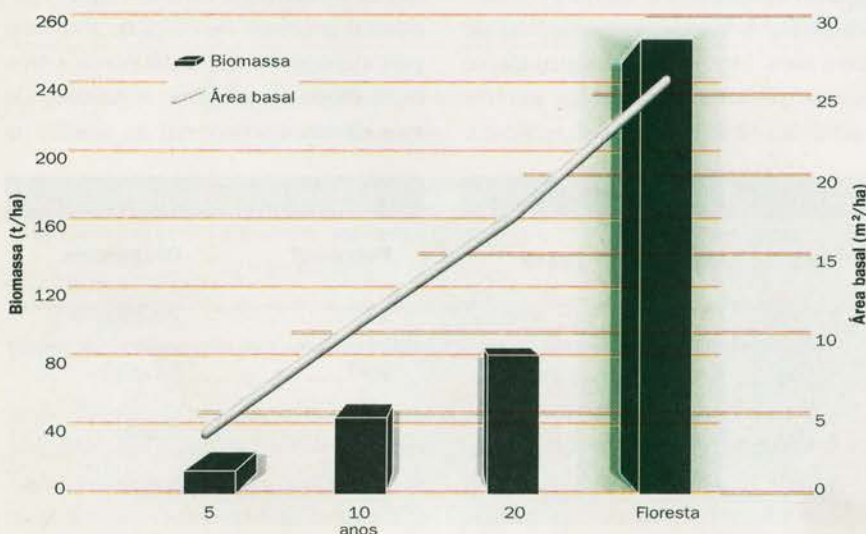


Figura 13. Estimativas da biomassa e da área basal de florestas secundárias e da floresta primária densa, em Peixe-Boi.

b) a média de acumulação de biomassa em capoeiras com menos de 20 anos de recuperação também está subdimensionada, pois só a maior fração (a biomassa de área viva) foi quantificada, mas essa acumulação, mantida a tradicional prática de corte e queima, tende a diminuir (refletindo a degradação das condições químicas e sobretudo físicas do solo); c) o potencial de retirada de carbono da atmosfera (2 milhões de toneladas por ano) pressupõe que todos os 930 mil ha de floresta primitiva removida sejam deixados intactos durante 90 anos (o que é impossível);

d) os cálculos sobre as culturas agrícolas supõem que a área de cultivo da região Bragantina permaneça constante em 58 mil ha, mas esta tende a aumentar, em função da contínua degradação do ambiente pela agricultura de corte e queima e pelo aumento do consumo de alimentos;

e) a degradação em áreas de pastagens é bem mais acentuada que em áreas de agricultura itinerante, como demonstram diversos estudos na Amazônia oriental; e

f) como o estudo foi conduzido na mais antiga área de colonização agrícola da Amazônia brasileira, com 10 ou mais ciclos de cultivos, os resultados não devem ser extrapolados para todas as áreas de florestas secundárias da região amazônica.

A biomassa total (DAP maior ou igual a 5 cm) da floresta primária foi estimada em 388 t/ha. Em consequência, o estoque de carbono é da ordem de 194 t/ha. A biomassa aérea das florestas secundárias com cinco, 10 e 20 anos foi estimada em 13 t/ha, 44 t/ha e 81 t/ha, respectivamente, gerando uma acumulação média de biomassa de 4 t/ha/ano, o que equivale à absorção anual, via fotossíntese, de cerca de 2 t/ha de carbono, já que esse elemento representa metade da biomassa.

A substituição das florestas primárias da região Bragantina liberou para a

Área total da região Bragantina (1)	1.079.500 ha
Área originalmente coberta por floresta primária (1)	974.168 ha
Área de floresta primária alterada por atividades humanas (1)	952.067 ha
Área remanescente de floresta primária até 1986 (1)	22.101 ha
Razão biomassa/carbono	2
Biomassa total da floresta primária (2)	388 t/ha
Estoque de carbono em floresta primária (2)	194 t/ha
Incremento (anual) de biomassa em flor. secundária de 5 anos (2)	3,5 t/ha
Incremento (anual) de biomassa em flor. secundária de 10 anos (2)	4,4 t/ha
Incremento (anual) de biomassa em flor. secundária de 20 anos (2)	4,1 t/ha
Incremento médio (anual) de biomassa em flor. secundárias (20 anos)	4 t/ha
Quantidade média (anual) de carbono retirado da atmosfera pela acumulação de biomassa em flor. secundárias (20 anos)	2 t/ha
Estoque de carbono liberado pela substituição de flor. primária	180.420.000 t
Potencial da região para retirar carbono da atmosfera	cerca de 2 milhões t/ano
Tempo necessário para reabsorção de todo o carbono liberado pela floresta primária através da regeneração de flor. secundárias	90 anos
Área de cultivo itinerante anual , em 1984, na região Bragantina (apenas cultivo de mandioca, milho, arroz e feijão-caupi (3)	58.000 ha
Área total necessária para o cultivo itinerante considerando o ciclo de cultivo de 7 anos (2 de cultivo e 5 de pousio)	232.000 ha
Quantidade total de carbono acumulado pela vegetação secundária caso a agricultura itinerante fosse abandonada em toda a região	464.000 t/ano
FONTES: (1) IBDF/SUDAM, (2) AUTORES, (3) IDESP (1987)	

Figura 12. Balanço preliminar da acumulação de biomassa e do estoque de carbono em florestas da região Bragantina.

atmosfera algo em torno de 180 milhões de toneladas de carbono. A reabsorção de todo esse carbono, através da fotossíntese das florestas secundárias, se estas ocupassem 100% da área de floresta primária desmatada (952 mil ha), demoraria cerca de 90 anos – como a absorção de carbono pelas capoeiras jovens é de 2 t/ha/ano, o potencial para retirar carbono da atmosfera, naquela área, alcança quase 2 milhões de t/ha/ano.

Os distúrbios biológicos e ecológicos (em sentido amplo) causados pela atividade humana nas florestas tropicais úmidas começam a ser melhor entendidos em um contexto global. Tais florestas, entre outros aspectos positivos,

exercem papel fundamental no ciclo hidrológico e no clima do planeta, e atuam como reservatórios naturais renováveis de carbono – daí sua grande importância em relação ao efeito estufa. As florestas secundárias, ainda em crescimento, surgidas após a substituição das florestas primárias também têm participação crucial nesse processo, por 'sequestrarem' da atmosfera parte do carbono liberado no desmatamento.

No caso da Amazônia brasileira, todos esses dados precisam ser mais detalhados para melhor entendimento de sua influência no efeito estufa. A região Bragantina é atípica, em relação às demais áreas da Amazônia, principalmente por

dois aspectos: é a mais antiga área de colonização agrícola da Amazônia (as demais foram desmatadas em épocas mais recentes) e apresenta características diferentes de uso da terra (ali a principal atividade é a agricultura itinerante, enquanto a maioria dos desmatamentos amazônicos destina-se à implantação de pastagens). As taxas de acumulação de biomassa da vegetação secundária dessa região, portanto, situam-se em um limite inferior, não oferecendo boa indicação para a média da Amazônia brasileira. Mas essas taxas revelam que, mantidas as práticas inadequadas de manejo dos recursos naturais, o ambiente se degrada, afetando todo o ecossistema e comprometendo a auto-sustentabilidade do sistema de produção.

Sugestões para leitura:

- DENICH, M. 'Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental brasileira' (tese de doutorado), Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Embrapa, 1991.
- FEARNSIDE, P.M. 'Greenhouse gas contributions from deforestation in Brazilian Amazonia', in LEVINE, J.S. (ed.), *Global Biomass Burning*, MIT Press, Cambridge (EUA), 1991.
- GOLDEMBERG, J. *S.O.S. Planeta Terra — O efeito estufa*, Editora Brasiliense, São Paulo, 1990.
- HALL, D.O. & ROSILLO-CALLE, F. 'A reciclagem do CO₂ por biomassa: bioprodutividade global e problemas de desmatamento', in CVRD: *Espaço, Ambiente e Planejamento*, vol. 2(12), Rio de Janeiro, 1990.
- HOUGHTON, R.A., SKOLE, D.L. & LEFKOWITZ, D.S. 'Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. Net release of CO₂ to the atmosphere', in *Forest Ecology and Management*, vol. 38 (173), 1991.
- SALDARRIAGA, J.G.; WEST, D.C.; THARP, M.L. & UHL, C. 'Long-term chorosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela', in *Journal of Ecology*, vol. 76 (938), 1988.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R. & SERRÃO, E.A.S. 'Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession', in *Journal of Ecology*, vol. 76 (663), 1988.

Novas técnicas para fotografar o cérebro humano em plena ação



O inglês Thomas Willis foi o primeiro a descrever a rede arterial do cérebro

Bernard Mazoyer

Professor de Bioestatística,
Faculdade de Medicina Xavier Bichat – Universidade Paris-VII
Diretor do Grupo de Imageamento Neurofuncional, CEA

John Belliveau

Professor de Radiologia,
Faculdade de Medicina de Harvard
Diretor de Neuroimageamento Cognitivo, Hospital Geral de Massachusetts

*“E essa fantasia maluca?
Nasce no coração, ou vem da cuca?”*
(Shakespeare, *O Mercador de Veneza*, III, II, 64, 1596)

O que se passa de importante no cérebro ocorre a intervalos muito curtos de tempo, algo da ordem de milissegundos, e envolve grande número de estruturas. Tanto sob o ponto de vista do tempo quanto das estruturas, a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a produção de imagens por ressonância magnética (MRIf) ainda são instrumentos relativamente rudimentares. Mas o progresso muito rápido dessas duas técnicas permite colher informações cada vez mais perfeitas. Por isso, elas ainda têm muito a nos oferecer.



O sueco David H. Ingvar, da Universidade de Lund, fez os primeiros mapas funcionais do cérebro humano.

Para Herófilo, o célebre médico grego que viveu por volta do ano 300 a. C., nossa alma ficava no quarto ventrículo cerebral (cavidade que contém o líquido encéfalo-raquidiano, junto ao cerebelo e ao tronco cerebral). Para Shakespeare, contudo, como demonstra a citação da abertura, a questão era duvidosa. De fato, a sede da alma tornou-se motivo de intensas polêmicas, que perduraram até o século XIX, sem solução. Hoje isso tudo desperta apenas um interesse marginal. O assunto foi tratado com mais

objetividade por Galeno (século II), que localizou os centros das atividades sensoriais e motoras acompanhando o trajeto dos nervos motores e sensitivos. Duas áreas funcionais, o cérebro e o cerebelo, foram assim identificadas.

Já descrita por Herófilo, a *rete mirabile* (rede miraculosa) de Galeno é uma teia densa de vasos que pode ser observada em alguns mamíferos, no lugar do círculo arterial de Willis, presente no homem, que é constituído pelos troncos das principais artérias do cérebro humano.

Galeno inferiu sua existência no homem ao dissecar animais. Atribuiu-lhe a função de converter os ‘princípios vitais’, que imaginava fabricados pelo ventrículo esquerdo do coração, em ‘princípios espirituais’. Acreditava-se antigamente que esses princípios vitais, também chamados de humores ou éter, difundiam-se pelos ventrículos cerebrais até os nervos, para permitir o movimento ou transmitir as sensações (figura 2).

A teoria da *rete mirabile* e a localização das funções cerebrais nos ventrícu-

los foram aceitas ao longo dos séculos, sem serem postas em dúvida, mesmo depois do Renascimento, quando dissecações feitas em cérebros humanos demonstraram a ausência de uma rede assim. Foi preciso esperar o início do século XIX para que um papel importante fosse atribuído ao córtex cerebral.

A aplicação da técnica auto-radiográfica ao homem foi realizada na década de 70 pelo sueco David Ingvar.

O anatomista alemão Franz Joseph Gall postulou, nessa época, que o córtex é o órgão que garante as funções mentais e morais, e que essas funções se localizam em partes precisas das circunvoluções cerebrais, deixando até mesmo suas marcas na região correspondente da caixa craniana. A frenologia, ao pretender correlacionar as faculdades intelectuais ao relevo craniano, conheceu então um sucesso extraordinário, a despeito da ausência total de provas científicas. Mas essa teoria não sobreviveu às descobertas fundamentais da segunda metade daquele século sobre os neurônios e suas propriedades, nem às observações feitas sobre os cérebros de doentes que apresentavam perturbações das funções cerebrais. Os trabalhos de Paul Broca, neurocirurgião no hospital de Bicêtre nos anos 1860-1870, são de fato tidas como a base das teorias modernas sobre a localização das funções cerebrais. A observação *post mortem* do cérebro de um paciente atingido por uma perturbação da articulação da linguagem permitiu a Broca apresentar, em abril de 1861, a primeira prova científica da correlação entre uma região do córtex e uma função cerebral (figura 3). Essa abordagem, relacionando perturbações de funções e lesões

cerebrais, até hoje chamada de neuropsicologia, passou por vários aperfeiçoamentos e ainda hoje continua em uso, graças à utilização de técnicas de imageamento anatômico *in vivo* muito eficientes, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética anatômica, ou MRIa. Contudo, permanece

limitada pela grande variabilidade do tamanho das lesões entre os indivíduos analisados e pela existência de fenômenos de redundância e de plasticidade, que tornam difícil extrapolar para o cérebro normal modelos de funcionamento de cérebros lesados.

Na década de 60, Lou Sokoloff e seus

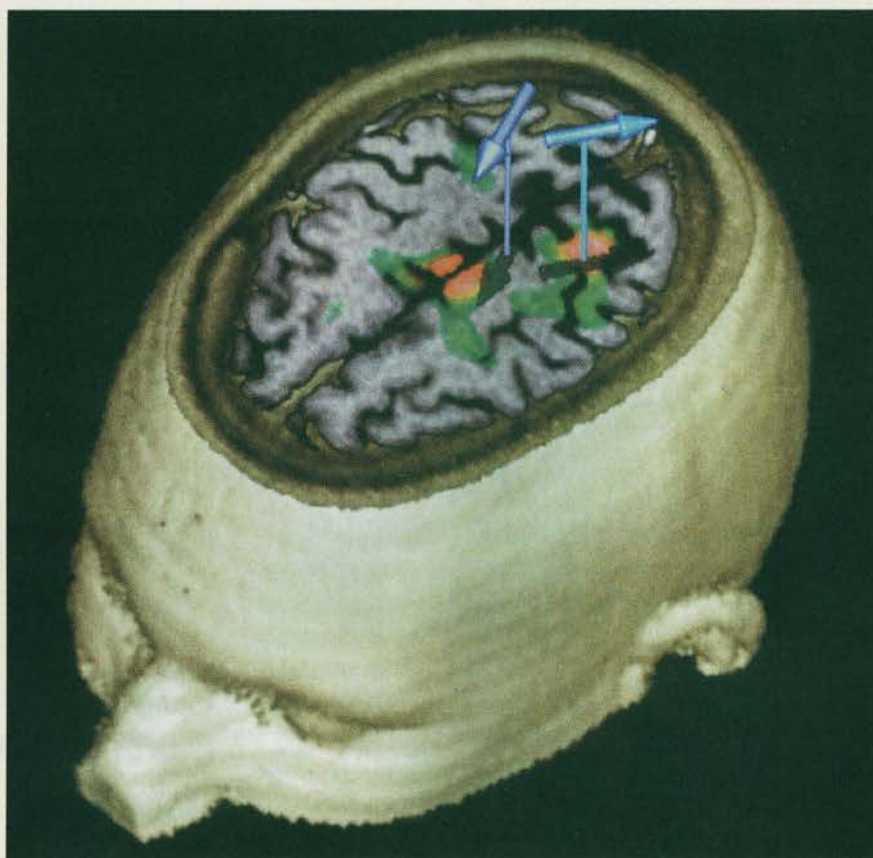


Figura 1. Primeiras imagens espaço-temporais.

Os primeiros mapas funcionais contendo ao mesmo tempo a localização e a cronometria das regiões ativadas por uma tarefa motora (no caso, a flexão e a extensão do dedo indicador) acabam de ser estabelecidas sob a direção de Marc Joliot, do Centro de Imageamento Neurofuncional de Orsay, no âmbito de um programa Human Frontier, dirigido por John W. Belliveau. A série de experiências acoplava PET e MEG nos mesmos sujeitos. As áreas ativas detectadas pela PET são superpostas à imagem neuroanatômica do sujeito, obtida por MRI. A análise do sinal MEG identifica, por sua vez, duas atividades elétricas cerebrais sobrevindas respectivamente 100 milissegundos antes e 100 milissegundos após o movimento do dedo. As setas representam a direção da corrente elétrica dessas duas atividades. A localização da atividade elétrica pré-motora (seta violeta) é próxima da zona de ativação PET situada perto da linha mediana do cérebro: essa região corresponde a uma área chamada 'área motora suplementar' (AMS) e contém neurônios que participam da elaboração do movimento. A localização da atividade elétrica pós-motora (seta azul) é idêntica à da outra zona ativada em PET, situada no córtex, do lado oposto ao do dedo que fez o movimento. Esse lado do córtex contém os neurônios cuja ativação desencadeia as contrações musculares. O estudo demonstra que é possível, pelo acoplamento das técnicas metabólicas e eletromagnéticas, obter informações cronométricas e de localização referentes à execução das funções superiores do cérebro.



Figura 2. Gravura de Johan Eichmann (1500-1560) ilustrando a teoria da rete mirabile e dos ventrículos cerebrais como sede das funções mentais. Os espíritos vitais sintetizados no coração são convertidos em princípios espirituais no nível do entrelaçamento de vasos situado na base do crânio (zona hachurada na gravura), depois se difundem pelos ventrículos, antes de passar para os nervos motores e sensitivos.

colaboradores do Instituto Nacional de Saúde Mental (NIMH), em Bethesda (EUA), elaboraram uma técnica revolucionária, chamada 'auto-radiográfica', que permite cartografar, com a ajuda de um marcador radioativo, o dispêndio sanguíneo cerebral em animais. A passagem para o homem foi efetuada na década de 70 por David H. Ingvar e co-

laboradores, no hospital da Universidade de Lund (Suécia), que produziram os primeiros mapas funcionais do cérebro humano (figura 4). Foi somente durante os últimos 15 anos, entretanto, que surgiram as atuais técnicas de produção de imagens cerebrais digitais não-traumáticas, que permitem o estudo da localização das funções cerebrais no homem sadio: a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a produção de imagens funcionais por ressonância magnética, ou MRIf (figura 5).

O cérebro humano é composto de células nervosas (cerca de 10^{12}), que trocam informações através de múltiplas fibras de conexão (os axônios e os dendritos) e de terminações (as sinapses) existentes entre elas (cerca de 10^4 por neurônio). Quando o cérebro executa uma função, seja um ato motor ou um processo mais elaborado, como a linguagem ou a memória, certos grupos de neurônios modificam a sua dinâmica de troca de informações. Essas modificações, que podem consistir em aumentos, diminuições ou sincronizações com outros grupos de neurônios, raramente se localizam em um lugar do córtex. Com mais frequência, elas se distribuem por uma ampla rede de regiões cerebrais.

Os neurônios geram informações que são séries de correntes elétricas, chamadas de 'potenciais' de ação (PA), que se propagam ao longo das fibras nervosas até as sinapses. Nesse nível, a

informação elétrica é convertida em informação neuroquímica: os potenciais de ação liberam, dentro da fenda sináptica, moléculas especiais, os neurotransmissores. Ligando-se aos receptores do neurônio pós-sináptico, esses neurotransmissores provocam uma despolarização de sua membrana (potencial pós-sináptico excitatório – PPSE) ou uma hiperpolarização (potencial pós-sináptico inibitório – PPSI). De acordo com a amplitude da soma desses PPSE e PPSI, a geração de um potencial de ação no nível do neurônio pós-sináptico é desencadeada ou inibida.

A modulação do fluxo sanguíneo cerebral regional é o fenômeno básico analisado pela PET.

A frequência de disparo das cargas de PA e a natureza do neurotransmissor variam de um neurônio para outro. Além disso, um neurônio pode possuir receptores para diferentes neurotransmissores, embora em geral só emita um único tipo de neurotransmissor.

Diferentes técnicas permitem observar a atividade neuronal no homem. Primeiro, pode-se analisar os sinais elétricos ligados à atividade dos neurônios (variações dos PA, correntes pós-sinápticas): é o objeto da magnetoencefalografia (MEG) e da eletroencefalografia (EEG). Essas abordagens fornecem preciosas informações sobre a cronometria das diferentes regiões envolvidas, mas não permitem obter uma informação confiável sobre sua localização. Para localizar as regiões implicadas, utilizam-se abordagens indiretas, baseadas na observação das consequências locais dessas atividades elétricas sobre a circulação sanguínea e o consumo energético do cérebro.

Os processos de liberação dos neurotransmissores, bem como os que per-

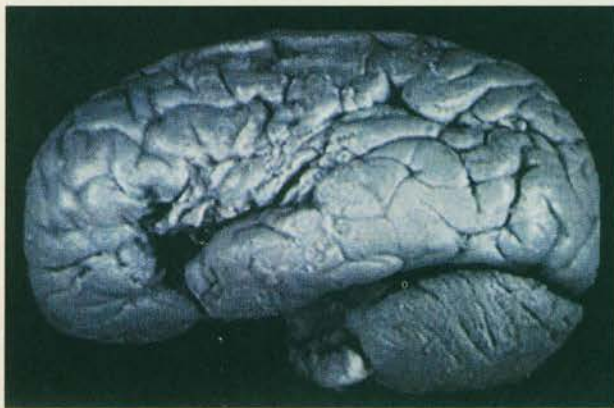


Figura 3. Vista lateral do hemisfério esquerdo do cérebro do sr. Leborgne (conservado no Museu Dupuytren, Paris), demonstrando a existência de uma lesão da terceira circunvolução frontal, que Paul Broca relacionou com uma perturbação da articulação da fala apresentada pelo paciente.

mitem um restabelecimento dos potenciais de membrana após a despolarização, causam muito dispêndio de energia, quer dizer, de trifosfato de adenosina (ATP), a reserva energética das células. Quando uma ativação é produzida, sinais químicos e elétricos são enviados à membrana dos capilares cerebrais que banham as sinapses e permitem uma modulação do fluxo sanguíneo cerebral regional (DSCR, na figura 6). Assim, o cérebro pode ajustar rápida e localmente o fornecimento de glicose às necessidades expressas por essas sinapses. A glicose é a única molécula que as células do cérebro conseguem degradar para reconstituir o estoque de ATP consumido.

Esta vasodilatação parece produzir-se algumas centenas de milissegundos

após o início das modificações da atividade sináptica. Sua amplitude depende da extensão dessas modificações e de sua duração. A vasodilatação máxima só é obtida depois de vários segundos de atividade sináptica contínua. Reciprocamente, quando a tarefa é interrompida e as atividades sinápticas voltam a seu nível de base, o fluxo sanguíneo só volta a seu valor inicial após vários segundos.

Parece – mas ainda se discute – que durante as ativações cerebrais o excesso de glicose é consumido de modo anaeróbico, ou seja, sem que o consumo de oxigênio aumente paralelamente. Quando uma tarefa é mantida por alguns segundos, o aumento local do fluxo sanguíneo cerebral nas regiões envolvidas traria, por consequência, um maior aporte local de hemoglobina

oxigenada (Hb-O₂). Como esse aumento de oxigênio não é detectado no tecido cerebral, os capilares venosos que banham o tecido ficam mais ricos em Hb-O₂ ou, o que é equivalente, mais pobres em hemoglobina reduzida (deoxi-Hb), em comparação com o estado inicial. Em todo caso, são essas variações de deoxi-Hb que medem a produção cerebral de imagens funcionais por ressonância magnética (figura 6).

**Com a PET, é possível
obter, sem risco,
mapas de fluxo sanguíneo
a cada 20 minutos
no mesmo sujeito.**

Aplicadas à cartografia das funções mentais, a PET e a MRIf têm em comum certo número de características:

- Ambas visam observar as modificações hemodinâmicas, ou seja, as características do fluxo sanguíneo, consecutivas às que ocorrem com as atividades sinápticas. São, portanto, métodos indiretos. Sua limitação fundamental vem da diferença do tempo de resposta entre uma ativação sináptica e seu correlato vascular.
- São verdadeiros métodos de produção de imagens tridimensionais (3D), porque produzem imagens digitais contendo o valor de um parâmetro relacionado à atividade sináptica em todos os pontos do cérebro (fluxo sanguíneo, concentração em deoxi-Hb). Tanto uma quanto a outra permitem observar o conjunto do cérebro com uma resolução espacial da ordem de 5 mm (PET) e, potencialmente, de menos de 1 mm (MRIf).
- Os dois métodos se baseiam na utilização de um marcador que permite acompanhar as modificações hemodinâmicas. A concentração local do marcador é detectada externamente, de maneira não-traumática para o sujeito. O tipo de marcador distingue as duas técnicas:



Figura 4. Primeiras cartografias (1974) do fluxo sanguíneo cerebral no homem, durante a execução de tarefas cognitivas. Os mapas são obtidos por detecção da radiação gama emitida pelos átomos de xenônio 133, injetados no sujeito e que se distribuem no cérebro em função da perfusão cerebral. As imagens representam as regiões ativadas nos hemisférios esquerdo e direito do sujeito quando ele fala.



Figura 5. Cartografia anátomo-funcional de uma tarefa de linguagem em um sujeito sadio por PET e MEG anômica. A geração silenciosa de verbos provoca no sujeito uma elevação do fluxo sanguíneo cerebral, detectada por PET (zona colorida). A superposição dessa imagem de ativação sobre as imagens anômicas obtidas por MRI no mesmo indivíduo demonstra que essa ativação se localiza na área de Broca.

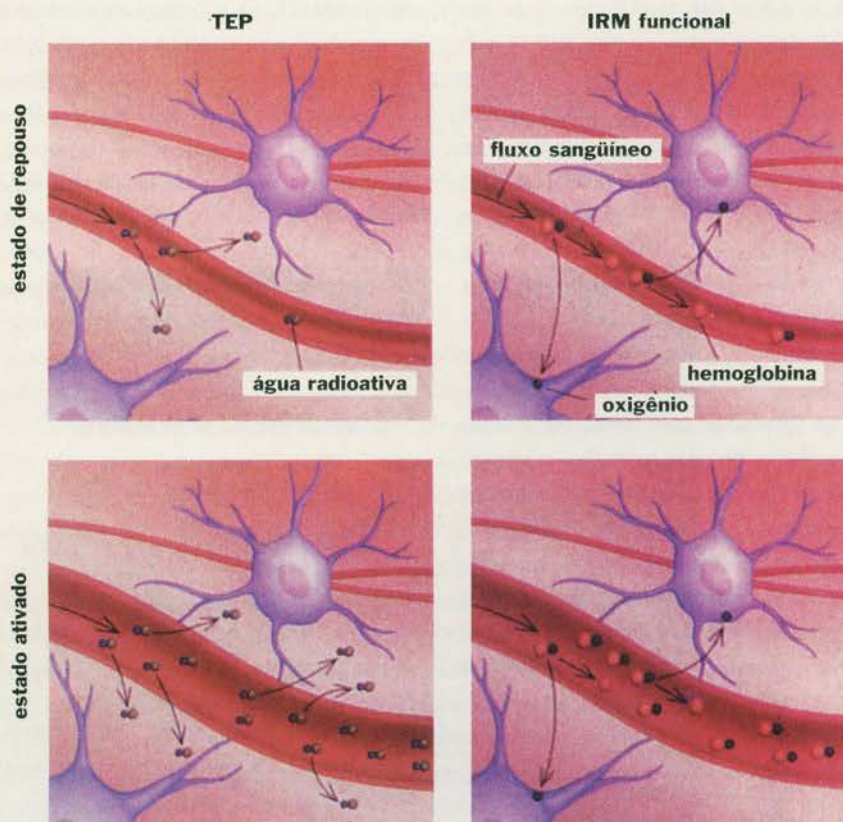


Figura 6. Princípio do estudo das funções cerebrais por PET e MRIf. As duas técnicas permitem obter para um estado cerebral dado uma cartografia tridimensional do fluxo sanguíneo (PET) ou do estado de oxigenação dos capilares (MRIf), utilizando um marcador (água marcada com oxigênio 15 em PET, deoxi-hemoglobina em MRIf). Uma ativação cerebral provoca localmente o aumento do fluxo sanguíneo sem aumento do consumo de oxigênio. A PET permite detectar os aumentos correspondentes de acúmulo local de água marcada, enquanto a MRIf detecta as reduções locais de concentração em deoxi-hemoglobina.

radioativo para a PET, com determinadas propriedades magnéticas para a MRIf.

- Os paradigmas experimentais oferecidos pelos dois métodos são muito semelhantes. Consistem em mapear o cérebro de uma pessoa em vários estados diferentes, sendo as regiões envolvidas em cada caso reveladas pela análise dos diferentes mapas de fluxo sanguíneo regional. Em geral, é a diferença entre as imagens obtidas durante um estado E e as imagens obtidas durante um estado de referência R que permite salientar as regiões ativadas por E. Nesse tipo de abordagem relativa, a escolha dos estados e das tarefas a serem realizadas pelo sujeito é fundamental, pois a definição das regiões ativadas por E depende do estado R. E este não pode ser objeto de uma definição absoluta: o sujeito sempre está fazendo alguma coisa, e assim certas regiões cerebrais permanecem ativadas. Sempre há, portanto, a possibilidade

de interferências: uma ativação durante um determinado estado pode ser interpretada como uma desativação durante o estado de referência.

Com a MRIf, pode-se acompanhar praticamente de modo contínuo as variações das atividades cerebrais durante várias dezenas de minutos.

A cartografia do fluxo sanguíneo regional por PET foi desenvolvida por Peter Herscovitch e seus colaboradores na Universidade Washington em St. Louis, (EUA). O marcador utilizado é de água marcada com oxigênio 15, um isótopo radioativo de oxigênio 16 natural, que é

produzido em um ciclotron. Misturada a soro fisiológico, a água marcada, injetada no sujeito, difunde-se rapidamente através das membranas, sobretudo através da barreira sangue-cérebro. Seu acúmulo em diferentes regiões cerebrais é, portanto, proporcional ao fluxo de sangue nessa região. A obtenção de imagens da distribuição do fluxo sanguíneo se efetua com a ajuda de um sistema de detecção chamado "câmera de pósitrons". É um conjunto circular de detectores de fótons, colocado em volta da cabeça do sujeito, que registra de modo contínuo os pares de fótons resultantes da emissão de pósitrons pelos núcleos de oxigênio 15.

A obtenção de um mapa do fluxo sanguíneo em determinado estado cerebral necessita de cerca de dois minutos de gravação, durante os quais o fluxo deve permanecer estável e a tarefa cerebral deve ser mantida. A radioatividade injetada no sujeito desaparece de modo extremamente rápido, porque o oxigênio 15 tem um período radioativo muito curto (123 segundos). É possível, portanto, obter sem riscos mapas de fluxo a cada 20 minutos no mesmo indivíduo. Esta propriedade é aproveitada para estudos de ativação cerebral em PET, pedindo-se ao sujeito para executar tarefas cerebrais diferentes durante as diversas cartografias (figura 7). Como re-

gra geral, três a quatro estados cerebrais são estudados. Cada um é repetido duas a três vezes.

A MRIf funcional, por sua vez, foi elaborada pela equipe de Bruce Rosen, no Centro de Ressonância Magnética Nuclear do Hospital Geral de Massachusetts, em Boston.

As primeiras imagens de ativação cerebral por MRIf publicadas por John Belliveau e seus colaboradores foram feitas com um marcador paramagnético, introduzido por via intravenosa, que permitia obter imagens do volume sanguíneo cerebral regional. Esta abordagem era muito parecida com a metodologia empregada em PET. Apresentava, inclusive, as mesmas limitações, especialmente em termos de resolução temporal.

Mas logo aprendeu-se a utilizar a deoxi-hemoglobina, que mostrou duas vantagens: é um marcador paramagnético endógeno, e sua concentração nos capilares venosos depende do fluxo sanguíneo local e do consumo de oxigênio pelo tecido cerebral.

Desde 1992, Ken Kwong e seus colaboradores do mesmo grupo publicaram as primeiras imagens de MRIf utilizando essa metodologia, batizada de BOLD, a sigla de Blood Oxygen Level Dependent. Desde então, essa abordagem não parou de se desenvolver, sobretudo graças ao aperfeiçoamento de técnicas de produção de imagens ultra-rápidas, que permitem obter uma cartografia BOLD 3D do cérebro em alguns segundos.

Portanto, torna-se possível acompanhar praticamente de modo contínuo as variações de atividade cerebral no mesmo indivíduo durante várias dezenas de minutos (figura 8), o que oferece novas possibilidades de paradigmas experimentais, como, por exemplo, multiplicar o número de tarefas, ou então variar a intensidade do estímulo ou a frequência de resposta. Além disso, embora a sensibilidade intrínseca dessa abordagem seja inferior à da PET, a possibilidade de

repetir muitas vezes a mesma tarefa no mesmo sujeito faz da MRIf a técnica preferida para estudos individuais, inclusive porque o mesmo aparelho pode ser utilizado para obter imagens anatômicas e funcionais.

Os progressos da PET e da MRIf já permitem levar em conta a grande variabilidade cerebral entre os indivíduos.

A maioria das experiências de ativação cerebral em PET e em MRIf é analisada com a suposição de que o córtex seja formado por um conjunto de áreas funcionais com localizações precisas e comuns a todos os indivíduos. Segundo o princípio dito de 'segregação funcional', a execução de uma função cerebral requer o recrutamento de um subconjunto específico dessas áreas. Em PET, como em MRIf, a detecção das áreas ativadas consiste, portanto, em estabelecer quais são as regiões do cérebro cujo fluxo sanguíneo se modificou de

modo estatisticamente significativo durante a execução da tarefa. As técnicas estatísticas utilizadas dependem da estrutura do protocolo experimental: mapas de diferenças, quando dois estados são comparados, mapas de correlação, quando uma tarefa é efetuada de modo repetido com variação de um parâmetro experimental (frequência do estímulo ou da resposta, performance etc.), ou ainda mapas de interação para os grandes protocolos, nos quais vários fatores são sistematicamente variados. Karl Friston e seus colaboradores do Hammersmith Hospital, em Londres, desenvolveram assim um *software* completo de análise dos dados PET e MRIf (SPM – Statistical Parametric Mapping).

Nesse tipo de análise, uma área ativada é um grupo conexo de *voxels* (*voxel* é um elemento unitário de uma imagem em 3D), cujo valor ultrapassa um certo patamar. Para melhorar a potência da detecção, procura-se muitas vezes obter a média das imagens provenientes de diferentes sujeitos.

Considerando a variabilidade de tamanho e arquitetura do cérebro de um indivíduo para outro, essa operação requer a utilização de técnicas de norma-

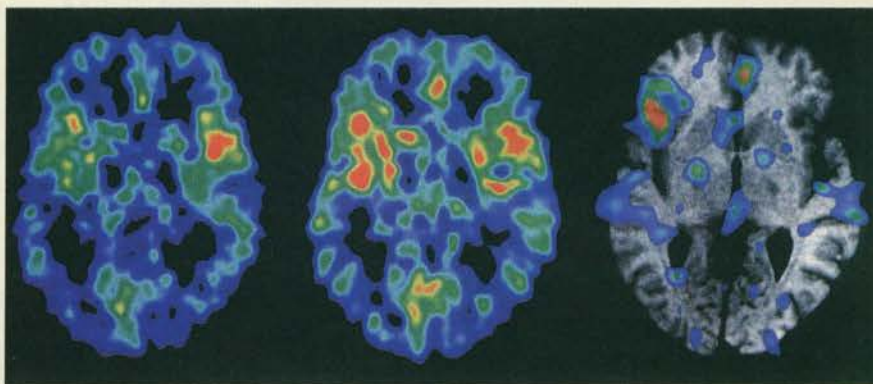


Figura 7. Ilustração do paradigma de diferença em uma prova de ativação cerebral em PET. À esquerda: distribuição da água marcada com oxigênio 15, um marcador do fluxo sanguíneo cerebral local, observada por PET no cérebro de um sujeito durante uma tarefa de controle, durante a qual o sujeito permanece imóvel, sem estímulos exteriores. No centro: mesmo mapa, com o sujeito gerando silenciosamente verbos associados a nomes comuns. À direita: diferenças dos mapas de fluxo entre as duas anteriores, mostrando as regiões que aumentaram seu fluxo sanguíneo. A imagem da diferença em cores é superposta à imagem da anatomia cerebral do sujeito, obtida por MRI no mesmo nível do cérebro. Ela demonstra que a área de Broca (no lobo frontal esquerdo) é ativada nessa tarefa que, entretanto, não requer qualquer articulação da linguagem.

lização. Peter Fox e colaboradores, na Universidade Washington em St. Louis propuseram a técnica de referência que consiste em transformar as imagens de um sujeito por meio de rotação, translação e homotetia, para colocá-las num tamanho-padrão e num espaço neuroanatômico de referência (ver 'Tirando a média de imagens'). Nesse espaço, a localização das áreas ativadas se efetua com o emprego de um atlas de neuroanatomia estereotóxica, concebido por Jean Talairach, no Hospital Sainte-Anne, em Paris.

Mais recentemente, a invenção do MRIf, assim como a produção de câmeras PET de alta sensibilidade, abriram a possibilidade de analisar as imagens de

ativação indivíduo por indivíduo, complemento indispensável para a abordagem por média. O sistema proporcional ainda é, de fato, relativamente impreciso, pois só corrige variações do tamanho global do cérebro, sem levar em conta a variabilidade da posição das circunvoluções, por exemplo. Além disso, a utilização do atlas de Talairach orienta nossos conhecimentos para as relações entre estrutura e função do cérebro humano, pois não é a anatomia dos sujeitos da experiência que serve de referência, mas a de um cérebro único, utilizado para estabelecer esse atlas: na verdade, apenas o hemisfério direito de uma anciã, retirado após a morte e conservado em formol...

Inúmeros elementos fazem, aliás, pensar que existe uma importante variabilidade entre os indivíduos, no que diz respeito até mesmo à localização de suas funções cerebrais. Assim, a maioria dos indivíduos destros utilizam seu hemisfério esquerdo para realizar as tarefas da linguagem, enquanto os indivíduos canhotos apresentam grande variabilidade na localização das áreas da linguagem: estas podem estar à direita, à esquerda, ou nos dois hemisférios. Tal variabilidade funcional, portanto, não é apenas uma fonte potencial de erros na abordagem por média: é um fenômeno biológico importante, que apenas os estudos individuais podem abordar.

A análise dos mapas de ativação individuais exige, contudo, o aperfeiçoamento de algoritmos de detecção particularmente sensíveis para compensar a fraca contribuição do sinal bruto da imagem. Assim, o Grupo de Imageamento Neurofuncional do CEA, em Orsay, desenvolveu uma abordagem que permite detectar os sinais de ativação ao mesmo tempo sobre a base de sua amplitude e de sua superfície. As áreas detectadas com a ajuda desses algoritmos são em seguida projetadas sobre as imagens da anatomia cerebral do sujeito, obtidas por ressonância magnética, o que permite obter verdadeiros mapas anátomofuncionais.

Utilizando esta abordagem, Fabrice Crivello e colaboradores desse grupo mostraram que existe uma variabilidade das áreas da linguagem mesmo nos destros. A tarefa consistia em enunciar silenciosamente verbos associados a palavras que o sujeito ouvia por meio de *headphones*, enquanto o estado-controle consistia em permanecer imóvel, em silêncio.

Nos indivíduos destros, essa tarefa ativa habitualmente uma parte da terceira circunvolução frontal do hemisfério esquerdo, a área de Broca (figura 10). Em um dos sujeitos examinados, observamos, contudo, uma ativação no he-

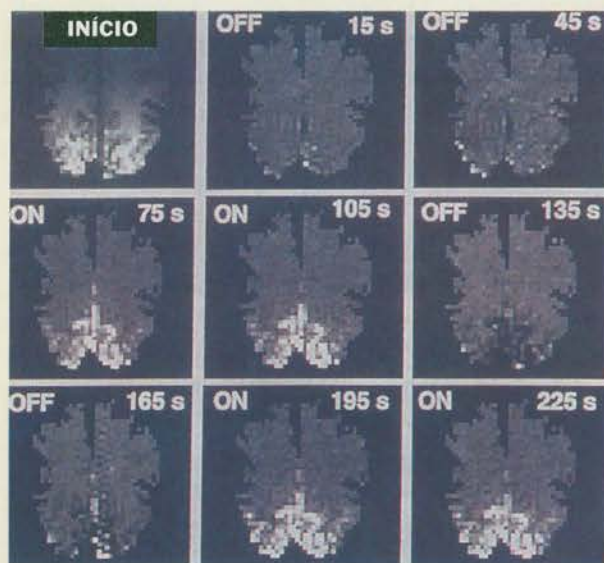


Figura 8. Ilustração do paradigma de ativação cerebral em MRIf. Cartografia durante uma estimulação visual. A imagem é obtida no nível do córtex visual (zona branca situada na parte posterior das imagens). Imagens sucessivas são obtidas em presença (on) e na ausência (off) de um estímulo visual. A série temporal mostra a ativação do córtex visual em presença do estímulo e demonstra a capacidade da MRIf para seguir de modo dinâmico as variações do estado cerebral em função das variações do estado de estímulo. Embaixo, variação do sinal RMN ao longo do tempo em uma região do córtex visual primário. Destaca-se a excelente correlação entre as variações do sinal e a presença ou ausência do estímulo visual, bem como a defasagem entre a mudança de estado de estímulo (barras verticais) e as modificações do sinal RMN.



Tirando a média de imagens cerebrais

Para tirar a média das imagens dos cérebros de diferentes indivíduos, utiliza-se o sistema proporcional, inicialmente desenvolvido por Jean Talairach no Hospital Sainte-Anne, em Paris, para a neurocirurgia estereotáxica. As imagens de cada indivíduo são primeiro reorientadas e traduzidas num referencial comum, baseado em duas estruturas cerebrais: as comissuras anterior (CA) e posterior (CP). Este referencial, chamado de bicomissural, é formado por três planos ortogonais ao plano de simetria do cérebro: um plano horizontal passando pelas duas comissuras (plano CA-CP), e dois planos verticais, ortogonais ao precedente e atravessando cada uma das comissuras (planos VCA e VCP).

As imagens reorientadas de cada indivíduo são em seguida submetidas a homotetias (deformações proporcionais) nas três direções principais do espaço (ântero-posterior, esquerda-direita, alto-baixo), e o fator de homotetia para cada uma delas é definido como a relação de um tamanho-padrão com o cérebro do sujeito nessa direção. Esse sistema de transformações permite obter, para todos os sujeitos, imagens de um tamanho idêntico. Ele não corrige, contudo, nem as variações de posição das diferentes estruturas cerebrais de um indivíduo para o outro, nem as eventuais assimetrias cerebrais.

O sistema de Talairach proporciona também um referencial neuroanatômico comum a todos os sujeitos e a todas as técnicas de produção de imagens cerebrais. Nesse sistema, um ponto P do cérebro é situado por uma tríade de coordenadas (x, y, z) ditas estereotáxicas, que indicam a posição de P com relação ao plano de simetria (x), ao plano VCA (y) e ao plano CA-CP (z). A correspondência entre essa tríade (x, y, z) e uma estrutura cerebral (giros, substância cinzenta central, substância branca, área de Brodmann) é fornecida pelo atlas de Talairach, que contém um conjunto de secções de um cérebro que não aparecem no sistema proporcional bicomissural, nas quais as estruturas anatômicas são indicadas.

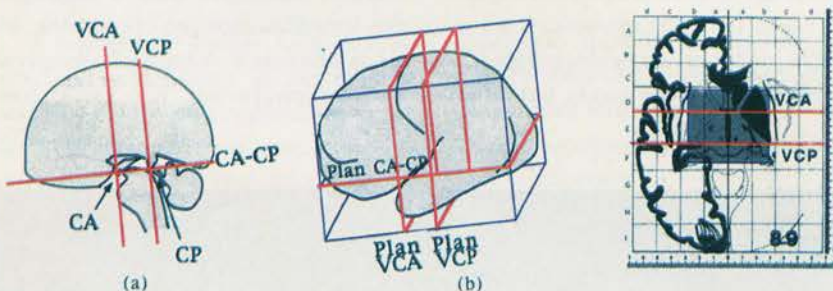


Figura 9. Normalização espacial de imagens do cérebro no sistema de Talairach.

misfério direito, localizada na região homóloga da área de Broca (figura 11). Essa observação demonstra que a arquitetura das funções cerebrais mostra acentuada variabilidade intersujeitos, e que o córtex apresenta uma reserva de plasticidade muito importante. Embora a resolução temporal da PET (em minu-

tos) e da MRIf (em segundos) seja medíocre em relação aos eventos sinápticos (milissegundos), é possível extrair desse tipo de dados informações referentes às interações funcionais entre as diferentes regiões do cérebro. Nessa abordagem, o princípio de segregação funcional é substituído por um princípio de conec-

tividade que determina que a execução de uma função cerebral se caracteriza pela modificação das interações entre as diferentes regiões de uma rede distribuída por todo o conjunto do cérebro.

Um problema difícil:

o número muito grande de correlações teoricamente possíveis entre as diversas regiões ativadas.

Baseados nesse princípio, os mapas de conectividade são obtidos examinando-se a estrutura da covariância do conjunto de medidas, quer se trate de medidas num grupo de sujeitos, ou de um grupo de medidas no mesmo indivíduo. Um dos problemas a serem resolvidos é que o número de correlações teoricamente possíveis entre as diversas regiões ativadas no cérebro é considerável. Para analisar os dados de ativação em PET, Barry Horwitz e Randy McIntosh, do Instituto Nacional de Saúde em Bethesda, recorreram à teoria dos grafos, limitando o número de correlações analisadas em função dos conhecimentos adquiridos sobre a rede de fibras que conecta as regiões cerebrais. Puderam então demonstrar que uma parte do córtex pré-frontal desempenha um papel importante no tratamento das informações visuais, mesmo quando essa região não modifica em média seu fluxo sanguíneo nesse tipo de tarefa.

A PET tem vários anos de dianteira sobre a MRIf. Esta última ainda está em aperfeiçoamento e trabalhos fundamentais precisam ser feitos para melhor compreender a origem e a localização exata dos sinais. A MRIf está, entretanto, em plena expansão e seu potencial, em termos de resolução espacial e de resolução temporal, prenuncia que ela será daqui a alguns anos a principal técnica para mapear o cérebro humano.

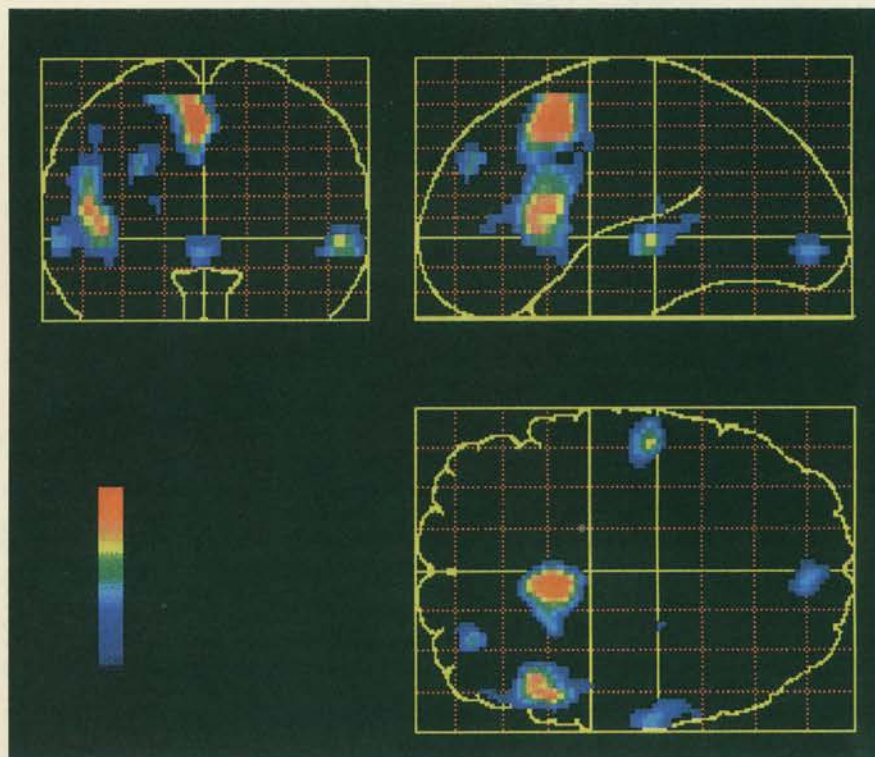


Figura 10. Ilustração do sistema de obtenção de médias proporcionais aplicado às imagens de ativação obtidas durante a tarefa de geração silenciosa de verbos em seis sujeitos destros. As imagens tridimensionais de ativação dos seis sujeitos foram normalizadas por médias. Um software de análise estatística (SPM – Statistical Parametric Mapping) detecta as zonas com variações significativas do fluxo sanguíneo. A figura representa a projeção dessas áreas de ativação no quadro de Talairach visto de frente (no alto à esquerda), de perfil (no alto à direita) e por baixo (em baixo). Essa análise mostra que em média a geração silenciosa de verbos em sujeitos destros ativa várias regiões do hemisfério esquerdo, entre eles a área de Broca.

Por causa de sua fácil utilização, do conforto oferecido ao sujeito e de uma sensibilidade intrinsecamente superior à da MRIf, a PET poderia, entretanto, continuar a ser usada como técnica preliminar, enquanto a MRIf, graças à sua resolução espacial superior, refinaria os mapas funcionais em nível local. Além disso, a PET é a única técnica com a qual

se pode pretender uma cartografia da atividade dos neurotransmissores. Ela é, portanto, útil como abordagem complementar.

Embora sirvam principalmente à neurofisiologia e às neurociências cognitivas, a PET e a MRIf apresentam um interesse capital para a neurocirurgia funcional. Utilizadas de modo individual,

permitem uma apreciação pré-operatória da situação funcional, e não só anatômica, das regiões que serão manipuladas ou cortadas por ocasião de uma intervenção e, por conseguinte, permitem a otimização do ato cirúrgico. Constituem igualmente alternativas não-traumáticas e mais precisas para certas investigações, como a injeção intracarotídea de amital (teste de Wada), que visa localizar de modo aproximativo o hemisfério dominante para a linguagem nos levantamentos pré-operatórios, antes da intervenção sobre o lobo temporal.

Em contrapartida, não existe com-

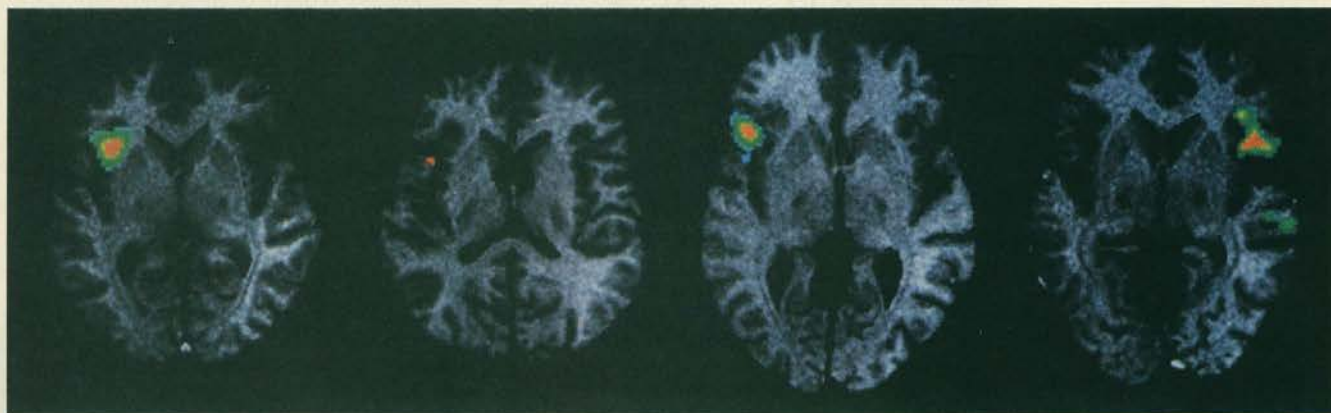


Figura 11. Demonstração da variabilidade da localização das áreas envolvidas em uma tarefa de geração silenciosa de verbos em sujeitos destros. Em três dos quatro sujeitos, a imagem de ativação PET superposta à imagem de sua anatomia cerebral mostra que a área de Broca do hemisfério esquerdo fica ativa durante a tarefa, em concordância com os resultados obtidos por média (cf. figura 9). Em contrapartida, o quarto sujeito ativa uma região de seu lobo frontal, região homóloga de sua região de Broca

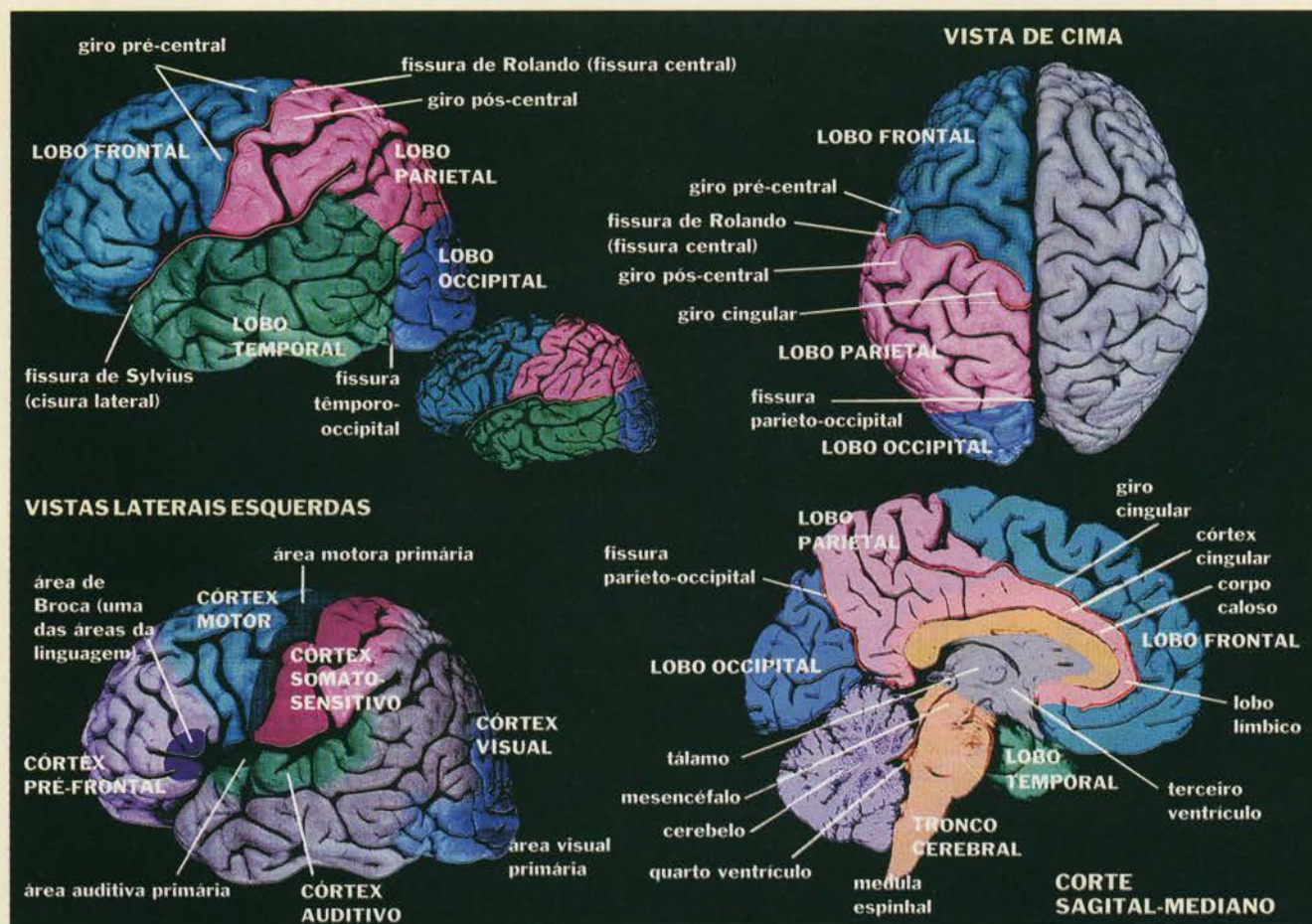


Figura 12. De um cérebro para outro, a anatomia das circunvoluções varia.

petição entre a PET e a MRIf de um lado, e os métodos eletromagnéticos de produção de imagens, como a MEG e a EEG do outro. A alta resolução espacial das primeiras destina-as ao estudo das localizações, enquanto a excelente resolução temporal das segundas permite o estudo da cronometria e da ritmologia do funcionamento cerebral. O acoplamento desses dois tipos de abordagens para uma mesma função cerebral nos mesmos sujeitos é altamente desejável, pois possibilitariam evidenciar ao mesmo tempo os componentes da rede em questão e a dinâmica temporal destes componentes.

A efetivação de tal acoplamento, entretanto, não é fácil. De um lado, faltam-nos trabalhos experimentais sobre a correlação fisiológica entre os dois tipos de sinais. Além disso, paradigmas expe-

rimentais idênticos devem ser aperfeiçoados para os dois tipos de técnica, o que limita bastante a natureza das funções cerebrais estudáveis.

Finalmente, o sucesso dessas experiências de acoplamento repousa sobre a possibilidade de resolver corretamente o que é chamado 'problema inverso' em MEG e EEG, ou seja, a reconstituição das correntes elétricas intracerebrais a partir de valores do campo eletromagnético recolhidos em volta de todo o crânio. Sob esse aspecto, resultados recentes parecem indicar que os dados obtidos em PET ou MRIf poderiam funcionar como limitações para a solução do problema inverso. Uma série de experiências desse tipo, acoplando PET e MEG numa tarefa motora, foi realizada por Marc Joliot, do Grupo de Imageamento Neurofuncional de Orsay, no âmbito de

um programa Human Frontier, dirigido por John Belliveau. A análise desses dados permitiu produzir os primeiros mapas funcionais que contêm ao mesmo tempo a localização e a cronometria das regiões ativadas por esse tipo de função cerebral (figura 1).

Sugestões para leitura:

- M. POSNER e M. RAICHLÉ, *Images of Mind*, New York, *Scientific American Library*, 1994.
- B. MAZOYER, 'La tomographie par émission de positons', *Bulletin de la Société Française de Physique*, 64, p. 3-9, 1987.
- Ciência Hoje*, nº 94, edição especial 'As ciências do cérebro'.

TRADUÇÃO: Maria Ignez Duque Estrada

NA PRÓXIMA EDIÇÃO será publicado outro artigo de LA RECHERCHE, sobre os equipamentos para visualização do cérebro.

Como conviver com as baleias

Faça silêncio e não tente impor para onde elas devem ir

A cada dia está mais fácil encontrar por acaso uma baleia na Baía da Ilha Grande, no litoral do Rio de Janeiro. Com a pesca comercial proibida em todo o mundo, as baleias estão em franca recuperação populacional. As baleias-francas-do-sul e as baleias-jubarte fazem desse ponto do litoral brasileiro um refúgio vital, pois é região ainda despoluída e pouco devastada. No entanto, como além do incremento do turismo na região, também vem crescendo o número de habitantes da área, é essencial hoje ter informações sobre a melhor forma de conviver com as baleias e evitar acidentes.

Em diversos países, as baleias tornaram-se atrações turísticas. O *whalewatching* – passeio dedicado exclusivamente à observação de baleias – é indústria em franco desenvolvimento, que educa e encanta, além de render milhões de dólares. Esta é razão suficiente para se colocar um ponto final na caça



Baleia-jubarte que encalhou viva em agosto de 1991, em Saquarema (RJ), e conseguiu ser salva após várias tentativas.

O que diz a lei

Vale lembrar que os cetáceos encontram-se protegidos de qualquer forma de molestamento intencional através da Lei Federal nº 7.643, de dezembro de 1987, e da Portaria nº 2.306, de novembro de 1990, do Ibama.

a esses animais. Costuma-se até dizer que, hoje, uma baleia viva vale mais do que morta.

Para preservar o negócio, os empresários de *whalewatching* operam suas embarcações segundo os procedimentos recomendados, que garantem convivência segura e pacífica com os homens e não molestam os animais. Ao mesmo tempo, contratam naturalistas que ofere-

cem explicações sobre a ecologia e o ambiente marinho da região. No Brasil ainda não existem operadoras de *whalewatching*, mas as baleias do sul da Bahia e de Santa Catarina atraem grande número de observadores, e o mesmo poderá acontecer na Baía da Ilha Grande.

Mar de baleias

A presença de grandes cetáceos na Baía da Ilha Grande já era mencionada como alerta pelos navegantes do passado. Por terem o hábito de descansar boiando na



Baleia-de-bryde, frequentemente observada nos meses de verão e primavera.



Filhote de baleia-franca-do-sul. Até o momento, todos os registros de ocorrência da espécie na Baía da Ilha Grande são de fêmeas acompanhadas de filhotes.



Durante períodos migratórios em altas latitudes, a baleia-jubarte tem preferência por habitar águas calmas, quentes e rasas.



A história de um massacre

No Brasil, a caça de baleias teve início na Bahia, no começo do século XVII. Alguns anos mais tarde, a prática alastrou-se pelo litoral sul – desde Cabo Frio, no Rio de Janeiro, até Imbituba, em Santa Catarina –, transformando-se num dos principais monopólios da coroa portuguesa.

Durante o período colonial, a iluminação das cidades era produzida a partir do óleo extraído da gordura das baleias e, em muitas das construções, usava-se uma argamassa a base da mesma matéria-prima. As barbatanas serviam para a fabricação de chicotes, escovas, guarda-chuvas e outros utensílios.

Nos séculos XVII e XVIII, existiam pelo menos três importantes armações (fábricas para processar baleias) no Rio de Janeiro: a de Cabo Frio, em Búzios; a de São Domingos, em Niterói; e a da Ilha da Gipóia, na Baía da Ilha Grande. Na mesma época, a ponta Grossa da Marambaia era conhecida como ponta do Arpoador e, a Ilha de Macacos, como Ilha do Arpoador. Dentro da Baía da Ilha Grande, várias localidades receberam o nome de ponta do Arpoador e Arpuá.

Embora não existam registros das espécies e dos números de baleias capturadas na área, sabe-se que uma baleia-jubarte foi caçada no século XIX, nas proximidades de Paraty. Seu esqueleto, montado em 1886, encontra-se exposto no Museu Nacional do Rio de Janeiro. Ainda hoje, tachos de ferro, provavelmente usados para derreter a gordura dos cetáceos, podem ser vistos no jardim do Forte do Defensor Perpétuo, em Paraty. Além disso, relatos de vários mergulhadores dão conta da presença de ossos de baleias no fundo da Baía da Ilha Grande.

superfície da água, as baleias transformam-se em obstáculos móveis para a navegação. O risco de colisão ainda aumentava na medida em que as embarcações da época, movidas a remo ou a vela, não produziam ruídos. Assim, compreende-se que, em 1717, no Diário de Jornada do Rio de Janeiro, o conde de Assumar tenha tido a preocupação de descrever a grande quantidade de baleias existente no interior daquela baía e de alertar para o perigo que representavam.

As baleias podem ser vistas na costa brasileira especialmente no inverno e na primavera, quando migram na direção dos trópicos a procura de ambiente adequado para reproduzir e criar os filhotes, longe do rigoroso inverno dos mares próximos da Antártida.

As características geográficas, climáticas e ecológicas da Baía da Ilha Grande fazem da área um lugar muito favorável para esses objetivos: são mais de 1.000 km² de águas rasas, aquecidas e calmas, abrigadas da influência oceânica pela grande barreira natural formada pela própria Ilha Grande.

Contudo, apesar dos registros históricos sobre a presença e a abundância de baleias na Baía da Ilha Grande, após o massacre sistemático das grandes baleias promovido por vários países, prin-

cipalmente durante o último século em todo o mundo, só no final da década de 80, elas começaram a ser reavistadas nessa área. Através de levantamento conduzido pelo Projeto Golfinhos, entre 1990 e 1994, registrou-se a ocorrência de 13 espécies de cetáceos no local, o que torna a baía o maior tesouro do Brasil neste particular.

Notáveis visitantes

Quatro espécies de baleias costumam ser observadas na Baía da Ilha Grande: a baleia-de-bryde (*Balaenoptera ede-*

ni), a baleia-franca-do-sul (*Eubalaena australis*), a baleia-minke (*B. acutorostrata*) e a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*). A franca e a jubarte constam da *Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção*, enquanto as duas outras aparecem como 'insuficientemente conhecidas' na *Lista de Espécies de Cetáceos da União Mundial para a Natureza*. No levantamento realizado pelo Projeto Golfinhos, as mais comuns são a de-bryde e a franca-do-sul.

As baleias-de-bryde aparecem sobre-

tudo na primavera e no verão; surgem sozinhas ou em grupos de até três, pescando junto com atobás-marrons (*Sula leucogaster*). Alimentam-se especialmente de pequenos peixes que formam cardumes, como as sardinhas (*Sardinella* spp.), engolidas enquanto as baleias nadam em ziguezague, sem mergulhar muito fundo. É a única espécie, entre as de porte maior, que não costuma realizar grandes migrações, chegando a estabelecer populações residentes nos trópicos. Pode ser encontrada tanto em áreas oceânicas como costeiras.

No inverno, a Baía da Ilha Grande tem sido cada vez mais freqüentada pelas baleias-franca-do-sul. Até agora todos os registros são de fêmeas acompanhadas de filhotes, descansando em águas rasas ou em deslocamento. Robustas e dóceis, elas nadam lentamente e costumam, mais do que as outras, chegar perto do litoral. Como seu comportamento típico é descansar, amamentar e 'brincar' quase na linha da arrebentação, parecem que estão encalhando, o que leva os desavisados a tentar ajudá-las com diferentes meios e embarcações.

Esta falta de conhecimento sobre os hábitos das baleias já causou pelo menos um acidente, registrado em setembro de 1995, nas proximidades da Ilha da Cotia. Um filhote, com as mesmas características do animal abalroado na ocasião, foi encontrado morto alguns dias mais tarde em Ubatuba, no litoral norte de São Paulo.

Que fazer quando encontrar baleias

- Diminuir imediatamente a velocidade do barco.
- Evitar fazer qualquer tipo de barulho.
- Não tentar direcionar o animal.
- Nunca procurar separar um grupo, nem ficar entre as baleias.
- Não permitir que pessoas entrem na água enquanto a baleia estiver por perto.
- Em caso de risco de colisão, afastar-se quando for possível ver o animal clara-



mente na superfície. Se este procedimento mostrar-se inviável e o animal chegar muito perto, desligar de imediato o motor e só voltar a acioná-lo quando avistar a baleia à distância segura.

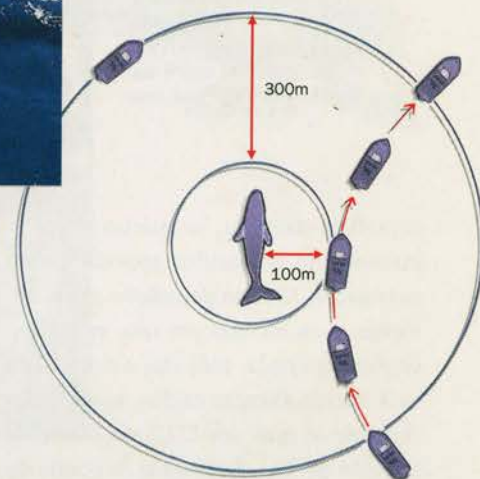
Afastar-se imediatamente quando

- Notar mudança súbita na direção do deslocamento do animal ou do grupo, ou no padrão do nado.
- Uma baleia adulta começar a saltar ou bater as nadadeiras.
- Ouvir sons diferentes do ruído normal de respiração e observar bolhas abaixo da superfície da água (especialmente em baleias-jubarte).
- Notar a presença de qualquer outra embarcação próxima da baleia ou do grupo.

No caso de ser surpreendido na água pela presença de baleias

- Existindo praia ou barco por perto, sair com calma da água enquanto espera o animal se afastar.
- Não sendo possível sair da água, evitar fazer qualquer barulho ou movimento; se a baleia chegar muito perto é aconselhável afastar-se.
- Nunca tentar perseguir os animais, principalmente os filhotes.

A baleia-jubarte costuma se aproximar das embarcações. Quando se aproximam de baleias, os barcos devem manter direção paralela à dos animais e respeitar rigorosamente a distância mínima de 100m. Pode-se rodear uma baleia como indica a figura se for mantida uma distância mínima de 300m. Lembre-se: Baleias precisam de um amplo espaço para se movimentar.



Como proceder em caso de encalhe

- Ao avistar cetáceos encalhados, vivos ou mortos, procurar a instituição local encarregada da conservação ambiental.
- Não tocar diretamente no animal para evitar qualquer risco de contaminação ou acidente.
- Se a baleia estiver viva, fazer um abrigo de panos apoiados em estacas para mantê-la à sombra.
- Manter o corpo da baleia úmido, jogando-lhe água do mar ou toalhas de cor clara molhadas, procurando não atingir o orifício respiratório que fica no alto da cabeça.
- Controlar o barulho e o tumulto.
- Evitar o uso de luzes ou *flashes* na direção dos olhos da baleia.

Liliana Lodi e Bia Hetzel

Projeto Golfinhos

A maturidade da bioquímica no Brasil

Deu bons resultados a reunião anual da bioquímica e da biologia molecular

A identificação de proteínas gigantes no *Trypanosoma cruzi*, o isolamento de uma toxina anticaruncho, o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis e de um microscópio que permite a observação de materiais biológicos em altíssima resolução são alguns dos muitos temas debatidos por cerca de 1500 pesquisadores durante a 25ª. reunião anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular (SBBq), realizada em maio passado, em Caxambu (MG). Em futuro não muito distante, dos dois primeiros trabalhos devem permitir avanços em áreas estratégicas, como o desenvolvimento de drogas e o combate a pragas de plantas. Já o plástico biodegradável, obtido a partir de bactérias de cana-de-açúcar, começa a ser produzido ainda este ano, solucionando o grave problema do acúmulo de matéria plástica nos lixões dos grandes centros urbanos. O grande mérito do su-

permicroscópio desenvolvido por um consórcio de cientistas brasileiros e alemães está no fato de ele permitir a observação da célula em seu meio natural, sem necessidade de congelamento e corte, como requer microscopia eletrônica. "Pode-se montar a história detalhada do comportamento de uma célula", explica Paulo Bisch, pesquisador da UFRJ e um dos participantes do projeto. Ao avaliar os resultados do encontro, que preparou 16 grandes conferências, 26 mesas-redondas e aproximadamente mil cartazes apresentados na sessão de painéis, o presidente da sociedade, Hernan Chaimovich, da USP, disse que o sucesso da reunião derivou da maturidade da comunidade brasileira de bioquímicos e de sua articulação com os mais avançados centros internacionais de pesquisa em bioquímica e biologia molecular. *Ciência Hoje* destaca a seguir alguns dos trabalhos apresentados durante o evento.

Cobertura: Luisa Massarani (*Ciência Hoje*/Rio de Janeiro). **Colaboração:** Boris Stambuk (Universidade Federal de Santa Catarina), Débora Foguel (Universidade Federal do Rio de Janeiro), Jorge Medina (Universidade de Buenos Aires) e Jorge Quillfeldt (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Novas ferramentas

Cientistas brasileiros e alemães se uniram para construir um microscópio que permite a observação de materiais biológicos em altíssima resolução. "A escala de dimensão em que funciona o novo equipamento varia entre o micrômetro (tamanho de uma célula) e o nanômetro (tamanho de um agregado molecular)", comemora Paulo Bisch, pesquisador da Universidade Federal do Rio de Janeiro e um dos participantes do projeto.

Tendo como precursor a tecnologia de tunelamento, o

microscópio de força atômica, como é chamado, baseia-se na varredura de uma superfície. A leitura é feita por um sensor em forma de ponta.

Para entender melhor o funcionamento desse microscópio, devemos compará-lo grosseiramente a uma vitrola que toca discos de vinil: a amostra seria o disco, e o sensor, a agulha que o percorre. Se imaginarmos um disco empenado pelo calor, podemos entender como o sensor do microscópio de força atômica registra o sobressalto da amostra. Após a

leitura, o equipamento fornece a topografia da amostra, que pode ser, por exemplo, uma célula.

É óbvio que no novo microscópio tudo acontece em escalas bem menores. E, nesse caso, a varredura é feita

com a amostra sobre um suporte piezelétrico, que se deforma com a aplicação de um potencial elétrico. O sensor, cuja ponta é feita de silício, é acompanhado por um *laser* que registra as variações da topografia. Tanto a



Imagem tridimensional do hormônio que estimula a secreção de melanina, estudado com o auxílio do novo software desenvolvido na UFRJ.

IMAGEM CEDIADA POR PAULO BISCH

varredura como a obtenção de imagens são controladas por um computador.

“Já existem no Brasil equipamentos com tecnologia similar, mas esse é o primeiro que pode ser usado para observar superfícies biológicas”, afirma Bisch. Os aparelhos desse tipo em geral requisitam amostras sólidas, e o material biológico é gelatinoso. Segundo o pesquisador da UFRJ, uma das vantagens da

técnica é não requerer a destruição do material a ser visualizado. “Para a microscopia eletrônica, por exemplo, é preciso congelar e cortar a célula”, diz.

Outra vantagem do novo equipamento em relação ao microscópio eletrônico é a obtenção de imagens dinâmicas. “Como o tempo para se obter uma imagem é curto, cerca de 30 segundos, pode-se montar a história detalhada

do comportamento de uma célula”, explica Bisch. O equipamento permite ainda avaliar a célula em seu meio natural.

Outra ferramenta que a equipe de Bisch construiu para o estudo de moléculas biológicas é um *software* que permite simulações da dinâmica molecular. Os pesquisadores fornecem ao computador dados obtidos por cristalografia ou resso-

nância magnética nuclear e o *software* gera um filme com imagens tridimensionais representando o comportamento dinâmico das moléculas em uma dada temperatura.

Há *softwares* similares no mercado, mas Bisch alega que os programas comerciais são ‘caixas pretas’, cujo conteúdo se desconhece. “Preferimos fazer nosso próprio *software*, de modo a ter mais controle sobre os dados”, justificou.

Toxina anticaruncho

Pesquisa realizada por Célia Carlini, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, deve ajudar os agricultores no combate ao caruncho, praga responsável pela perda de 30% da produção de feijão-de-corda, o mais consumido no Nordeste brasileiro.

Os estudos de Carlini começaram a ser feitos com o feijão-de-porco, que, por ser extremamente tóxico, não é comestível. Pelo menos 12 substâncias nocivas a diversos tipos de animais já foram isoladas nessa espécie. Em todos os feijões são encontradas toxinas, cuja quantidade varia entre as espécies. Aqueles em que a concentração de substâncias tóxicas é menor são mais adequadas à alimentação. Em contrapartida, são mais suscetíveis ao ataque de pragas. “As substâncias tóxicas defendem a planta das pragas”, explica Carlini.

Como é altamente protéico – tem cerca de três vezes a quantidade de proteína dos feijões comuns –, muitos pesquisadores tentam produzir variedades menos tóxicas do feijão-de-porco. Mas Carlini acredita que, mesmo que seja possível, isso levará muito tempo. “Além disso, é difícil fazer com que as pessoas mudem seus hábitos alimentares”, lembra.

Carlini isolou uma proteína do feijão-de-porco, chamada canatoxina, que protege a planta de insetos – entre eles, o caruncho –, mas não é tóxica a mamíferos se ingerida por via oral. A mesma proteína é encontrada em quantidade muito baixa no feijão-de-corda. “Se aumentamos a expressão dessa proteína no feijão-de-corda ou inserirmos novos genes na planta, obteremos uma variedade comestível e menos suscetível ao



Estudos com o feijão-de-porco podem ajudar no combate ao caruncho.

ataque da praga”, garante a pesquisadora.

O estudo de proteínas tóxicas das plantas pode ainda ajudar a entender o processo de intoxicação em mamíferos e outros organismos. Em seus 15 anos de pesquisa sobre a canatoxina, Carlini observou que ela estimula a secreção em diferentes tipos de células, ativando, entre outras, plaquetas sanguíneas (envolvidas na coagulação) e células nervosas. “Entendendo como a proteína promove a secreção, podemos saber como

interferir nesse processo”, afirma a cientista.

A canatoxina também promove a secreção de insulina, hormônio secretado pelo pâncreas com a função de metabolizar os açúcares do organismo. “Se conseguíssemos modificar a molécula da canatoxina de forma que ela se dirigisse diretamente ao pâncreas, sem atingir outros tecidos, poderíamos controlar os pacientes com diabetes do tipo α , cujas células produzem o hormônio mas não conseguem secretá-lo”, diz Carlini.

Sementes antitumorais

Preparações com lectinas extraídas de sementes do visgueiro (*Parkia pendula*) e do feijão-camaratu (*Cratylia mollis*) foram inoculadas em camundongos e induziram a redução de tumores em cerca de 60%. Foram testados dois tipos de tumores mantidos em laboratório. O carcinoma de Ehrlich reduziu-se em 61,5% com preparados contendo proteínas de *P. pendula* (7 mg/kg) e em 59,3% com preparados de *C. mollis* (20 mg/kg). O sarcoma 180 foi reduzido em 54,1% e 57,8% quando tratado com preparações contendo proteínas de *P. pendula* e *C. mollis*, respectivamente, nas mesmas concentrações.

“O mecanismo pelo qual as lectinas bloqueiam o crescimento de células malignas

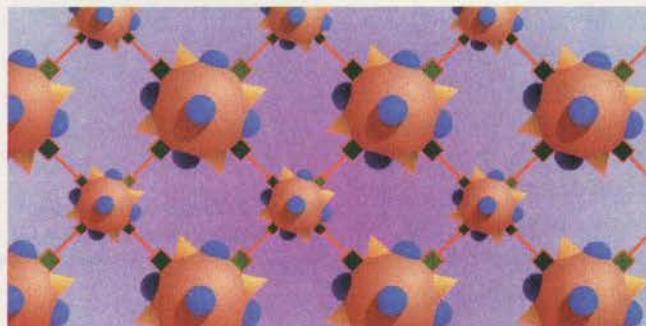
ainda é desconhecido, mas há indícios de que essas proteínas interferem nos carboidratos alterados das células tumorais”, afirma a pesquisadora Luana Coelho, do Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco, que coordena os trabalhos, com a colaboração do Departamento de Antibióticos da mesma universidade.

Já se sabia que as lectinas reconhecem carboidratos ou polissacarídeos em geral na superfície celular, ligando-se a eles. Essa afinidade permite várias aplicações para as lectinas, como por exemplo a purificação de glicoproteínas. Nesse caso, à preparação a ser purificada adicionam-se as lectinas, que ‘prendem’ as glicoproteínas.

Com a colaboração do

ATIVIDADE ANTITUMORAL		
Formulação com <i>Parkia pendula</i> (7 mg/kg)	Carcinoma de Ehrlich	61,5%
	Sarcoma 180	59,3%
Formulação com <i>Cratylia mollis</i> (20 mg/kg)	Carcinoma de Ehrlich	54,1%
	Sarcoma 180	57,8%

Formulações contendo lectinas extraídas de sementes do visgueiro e do feijão-camaratu apresentaram atividade antitumoral em testes com animais de laboratório.



As lectinas (em laranja) ligam-se a moléculas de carboidrato (em verde) presentes na superfície celular, induzindo a aglutinação de células.

Hospital do Câncer de Pernambuco, os pesquisadores da UFPE também vêm testando as lectinas como marcadores de estruturas celulares, tanto em células normais co-

mo em células modificadas. “Temos expectativas de que as lectinas esclareçam melhor as transformações estruturais que ocorrem nas células”, diz Coelho.

Proteção contra estresse

O pesquisador Béla Bohus, da Universidade de Grönigen (Holanda), está investigando uma substância que protege o organismo dos danos causados pelo estresse. Seu objetivo é desenvolver uma molécula que anule os efeitos nocivos dos hormônios produzidos em excesso nas situações estressantes. Já foi demonstrado que ratos de laboratório submetidos a estresse produzem adrenalina

e corticóides em maior quantidade. Se a situação persiste, a produção excessiva desses hormônios danifica o tecido nervoso, lesando o cérebro.

“O aumento desses hormônios compromete principalmente o poder de aprendizagem dos animais”, garante Bohus. Em excesso, chegam a destruir células do hipocampo, muito sensível à sua ação. O hipocampo é uma das áreas do cérebro

que mais influem na formação da memória, fundamental à aprendizagem.

O cientista holandês acredita que o estresse seja uma das causas da demência senil, na qual a capacidade de aprendizagem do paciente fica reduzida. “Antigamente, a doença era mais freqüente em idosos, mas hoje é diagnosticada cada vez mais em jovens”, disse Béla Bohus.

As alterações no cérebro causadas pelo estresse também podem provocar ansiedade, entre outras reações emocionais. Segundo Bohus, é normal, por exemplo, que

uma pessoa fique ansiosa ao atravessar uma rua numa situação de perigo. Mas é injustificável ficar ansiosa ao atravessar uma rua quando não há qualquer risco. “Isso é sinal de que o estímulo da ansiedade já estava no cérebro e foi causado por outra situação, normalmente patológica”, avalia o pesquisador.

Bohus alerta para o fato de que os danos causados pelo estresse intenso e duradouro podem ser irreversíveis. Em testes com animais, ele tem conseguido evitá-los mesmo em situação de estresse contínuo.

CARBETOS DE METAIS DE TRANSIÇÃO:

nova classe de catalisadores

Se, no instante zero da criação do Universo, o carbono não houvesse se formado, não existiria a vida como a conhecemos hoje. O carbono, elemento químico não-metálico, de número atômico 6, é o sexto elemento mais abundante no Universo e o mais versátil de todos: está presente na estrutura de 94% dos cerca de quatro milhões de compostos conhecidos.

Toda e qualquer forma de vida, da mais simples (os procariontes) à mais complexa (os seres humanos), tem como base o ácido desoxirribonucleico (DNA), molécula que contém a informação genética, formada pela união de uma série de unidades fundamentais, os nucleotídeos. E cada nucleotídeo tem três partes: um açúcar de cinco átomos de carbono chamado deoxirribose, ligado, em um

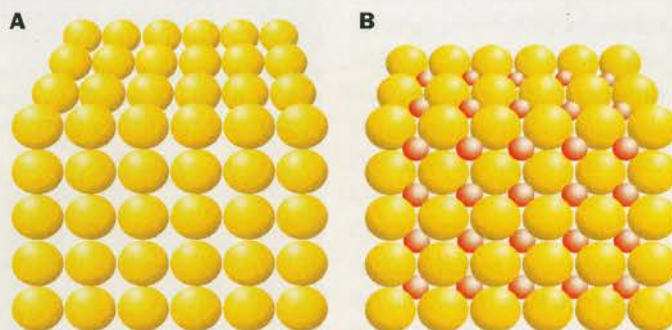


Figura 1. Diagrama mostrando, em um plano, a disposição dos átomos de um cristal metálico (A) e átomos de carbono ocupando os espaços entre os átomos do metal em um carbeto intersticial (B).

dos extremos, a um grupo fosfato, e, no outro, a uma das quatro bases nitrogenadas cujas iniciais formam o chamado código genético: adenina, timosina, citosina ou guanina.

O ponto comum existente nessa imensa quantidade de compostos é a presença de ligações químicas do tipo carbono-carbono e carbono-hidrogênio. Tais ligações são

tão importantes que um imenso ramo da química – a química orgânica – dedica-se exclusivamente ao estudo das propriedades, da produção e da síntese desses e de novos compostos onde tais ligações estejam presentes.

Se a ligação carbono-carbono é essencial para os seres vivos, as ligações do carbono com os demais elementos da chamada tabela perió-

dica também têm importância. Tais ligações formam compostos conhecidos pelo nome genérico de carbeto, presentes no dia-a-dia da humanidade.

Os carbeto podem ser divididos em três classes gerais:

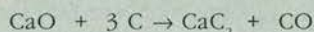
a) 'carbeto iônicos', nos quais o átomo de carbono está quimicamente ligado aos metais alcalinos e alcalinos terrosos – o exemplo mais importante é o carbeto de cálcio, CaC_2 (ver 'Matéria-prima essencial');

b) 'carbeto covalentes', nos quais o carbono está ligado a semimetais – como, por exemplo, o carbeto de silício (SiC), comumente conhecido como carborundum; e

c) 'carbeto intersticiais', nos quais o carbono ocupa os espaços existentes na rede cristalina dos metais de transição (figura 1).

MATÉRIA-PRIMA ESSENCIAL

O carbeto de cálcio CaC_2 é produzido industrialmente em fornos elétricos, através da reação entre óxido de cálcio (CaO) e uma fonte de carbono (carvão mineral ou vegetal):



A maior aplicação industrial do carbeto de cálcio é na produção de acetileno (C_2H_2). Tal reação ocorre, à temperatura ambiente, entre o carbeto e água:



O acetileno é usado como ponto de partida para a produção de outros compostos químicos. A adição de H_2O produz o acetaldeído (CH_3CHO), usado na manufatura dos aceleradores de polimerização – união de pequenas moléculas

para formar compostos de alto peso molecular, chamados polímeros (materiais plásticos, por exemplo). A reação de adição de cianeto (qualquer sal obtido a partir do ácido cianídrico – HCN) ao acetileno produz a acrilonitrila (CH_2CHCN), composto usado na produção de fibras e borracha sintética (também polímeros). A reação entre duas moléculas de acetileno produz o vinil-acetileno, matéria-prima para a síntese de cloropreno e neopreno, compostos importantíssimos na indústria de polímeros. A importância econômica do carbeto de cálcio pode ser medida pelo fato de que mais da metade da produção mundial de acetileno é obtida com o processo de decomposição desse composto.

O grupo dos metais de transição tem esse nome por situar-se, na tabela periódica, entre os metais alcalinos e os metais nobres.

A incorporação do átomo de carbono às posições intersticiais confere aos compostos desse tipo elevados pontos de fusão (acima de 3.300 K, ou 3.027°C), dureza (acima de 2.000 kg/cm²) e força de tensão (300 gigapascal, ou GPa – força de tensão é a força necessária para romper uma partícula de dimensões específicas), valores próximos aos dos materiais cerâmicos. Alguns dos mais importantes carbeto intersticiais são o carbeto de tungstênio (WC), amplamente utilizado como revestimento de ferramentas de corte (serras, brocas etc.), e o carbeto de háfnio (HfC), composto que apresenta o maior ponto de fusão conhecido (cerca de 4.163 K, ou 3.890°C).

A CIÊNCIA E OS CARBETOS

A primeira referência aos carbeto metálicos existente na literatura científica data de 1786, quando o francês Claude-Louis Berthollet, entre outros, observou as mudanças produzidas no ferro com a adição de pequenas quantidades de carbono. Dez anos mais tarde, outro francês, Antoine Fourcroy, um dos autores da *Enciclopédia de Morveau*, propôs o termo 'carbeto', por analogia com sulfeto

e fosfeto. Em 1820, o sueco Jöns Jacob Berzelius pensou ter produzido uma série de carbeto através do aquecimento de cianetos de diversos metais com ferrocianetos, mas trabalho posterior mostrou que na verdade ele obteve várias misturas de carbeto de ferro e metal.

Outros resultados envolvendo o estudo de carbeto foram publicados entre 1820 e 1890, mas a investigação sistemática desses compostos foi realizada principalmente pelo francês Henri Moissan, entre 1890 e 1905. Além de ter estudado a síntese de 31 carbeto metálicos, Moissan desenvolveu a maioria dos métodos ainda hoje usados em sua produção industrial. Os métodos tradicionais de produção de carbeto metálicos utilizam principalmente fornos elétricos, já que o processo exige altas temperaturas (figura 2).

As propriedades catalíticas – ou seja, as propriedades que uma substância tem de provocar uma reação ou au-

mentar sua velocidade sem ser consumida – dos carbeto de metais de transição têm sido estudadas desde a década de 60, em vários tipos de reações importantes na indústria química. Em 1961, por exemplo, G. Gaziev empregou diversos carbeto de metais de transição na reação de desidrogenação (remoção de hidrogênio) do cicloexano (C₆H₁₂). A esse trabalho seguiu-se um estudo da comparação da atividade catalítica de carbeto de metais dos grupos IV e VI da tabela periódica dos elementos na desidrogenação de etilbenzeno (que gera estireno), sendo que os do grupo VI apresentaram maiores atividades. Entretanto, como tais carbeto foram produzidos por métodos metalúrgicos, provavelmente sua superfície foi contaminada por carbono, o que limitou sua aplicação.

Estudo sistemático da atividade catalítica de filmes de metais de transição nas reações de isomerização (modificação da estrutura de um

composto orgânico sem alteração de sua fórmula química, dando origem a outro composto com propriedades químicas e físicas diferentes) e hidrogenólise (reação de quebra de cadeia, através da ação do hidrogênio) de 1,1,3-trimetil-ciclopentano mostrou que o tungstênio possuía, após certo período de indução (tempo de retardo), atividade de isomerização incomum. O padrão de seletividade apresentado – formação de xileno (C₈H₁₀) – é característico de metais nobres como platina (Pt) e paládio (Pd), e não dos não-nobres. Para explicar esse comportamento do tungstênio, foi sugerida a formação de carbeto (WC) durante a reação. Efeito semelhante foi observado por J. Sinfelt e D. Yates ao usarem molibdênio (Mo) como catalisador na reação de hidrogenólise: a atividade aumentou com o tempo, fato associado à formação de carbeto (Mo₂C).

Tais resultados levaram, em 1973, a estudo de avaliação do comportamento de metal nobre do carbeto de tungstênio. Foi usada, como teste catalítico, a reação de isomerização do neopentano, que gera isopentano (ambos com a fórmula C₅H₁₂, mas com estruturas diferentes), bastante conhecida e catalisada apenas por irídio (Ir) e platina (Pt). A evidência de que o carbeto de tungstênio assumia comportamento semelhante ao

MÉTODO	REAÇÃO
Reação direta por fusão ou sinterização entre o metal (Me) ou hidreto metálico em atmosferas inertes ou vácuo	$\text{Me} + \text{C} \rightarrow \text{MeC}$ $\text{MeH} + \text{C} \rightarrow \text{MeC} + \text{H}_2$
Reação entre o óxido metálico e excesso de carbono em atmosfera inerte ou redutiva	$\text{MeO} + \text{C} \rightarrow \text{MeC} + \text{CO}$
Reação entre o metal e um gás carburante	$\text{Me} + \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{MeC} + \text{H}_2$ $\text{Me} + \text{CO} \rightarrow \text{MeC} + \text{CO}_2$
Precipitação da fase gasosa por reação de um haleto ou carbonila metálica em presença de hidrogênio	$\text{MeCl}_4 + \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{MeC} + \text{HCl} + (\text{C}_m\text{H}_n)$ $\text{Me-CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{MeC} + (\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2, \text{H}_2\text{O})$

Fonte: Totb, L. E. *Transition Metal Carbides and Nitrides*, Academic Press, Nova York e Londres, 1971.

Figura 2. Principais métodos utilizados na indústria metalúrgica para a preparação de carbeto de metais de transição.

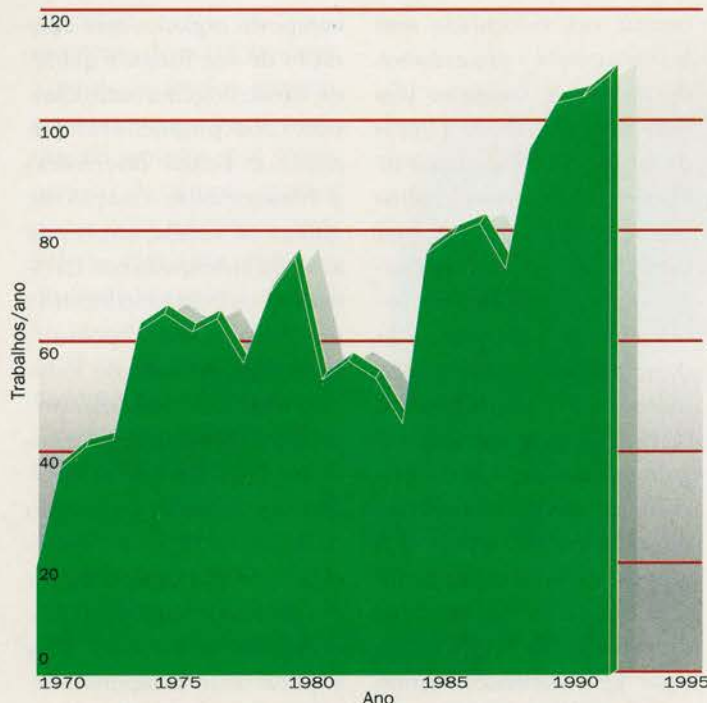


Figura 3. Evolução do número de trabalhos envolvendo a aplicação de carbeto de metais de transição à catálise.

dos catalisadores à base de Ir e Pt gerou especulações e discussões, sugerindo a possibilidade de se trocar, em reações de interesse industrial, os raros e caros metais do grupo da Pt pelos carbeto de metais de transição.

O número de trabalhos científicos publicados por ano, envolvendo a aplicação de carbeto de metais de transição à catálise, aumentou significativamente após esse estudo (figura 3). A partir de 1979, no entanto, diminuiu o interesse nos carbeto de metais de transição e o número de publicações caiu, principalmente porque, apesar de carbeto e nitreto mostrarem atividades atraentes para uma série de reações de interesse industrial, tais materiais possuem baixos valores de área específica – soma da área superficial das partículas contidas em um grama do material.

A maioria dos catalisadores usados na indústria química e petroquímica apresenta valores de área específica entre 100 e 200 m²/g. Como a maioria dos metais, na forma elementar, tem baixíssimos valores de área específica (de 0,1 a 2 m²/g), é comum depositá-los (dispersados física ou quimicamente) sobre suportes inertes (alumina, sílica, carvão ativo etc.) com alta área específica, para distribuir o componente ativo, de forma homogênea, sobre uma grande superfície. Com o suporte adequado, é possível promover a reação desejada em maior extensão (por unidade de massa de catalisador), já que estão disponíveis aos reagentes mais sítios ativos (pontos onde a reação química desejada ocorre).

Até 1981, a produção de carbeto e nitreto de metais de transição era feita basicamente

através de métodos metalúrgicos, que conduziam à obtenção de compostos com baixa área específica e, portanto, com limitada aplicação à catálise. Como altos valores de área específica são uma condição *sine qua non* para o uso de tais carbeto e nitreto como catalisadores, tornou-se imperativo produzi-los com essa característica. S. Ted Oyama tornou isso possível aplicando à síntese de carbeto e nitreto a técnica de 'reação com programação de temperatura' (TPR), aperfeiçoada posteriormente por Leo Volpe e Michel Boudart.

Essa técnica permitiu obter carbeto com áreas específicas entre 50 e 200 m²/g e voltou a atrair a atenção da comunidade científica para esses materiais, levando a novo crescimento no número de trabalhos publicados por ano.

Hoje, o uso de carbeto de metais de transição como catalisadores constitui um campo de pesquisa estabelecido e em rápida expansão. Recentemente, entre 15 e 22 de dezembro de 1995, cerca de 40 cientistas de todos os continentes (exceto a África) reuniram-se em Honolulu, no Havaí, no primeiro congresso internacional dedicado exclusivamente a carbeto.

Comprovada a possibilidade de obter carbeto de metais de transição com alta área específica, tais materiais passaram a ser testados, por diversos cientistas, como catalisadores em várias reações, como a síntese de amônia, a hidrogenação, a metanação (formação de metano), a iso-

merização e o hidrotratamento (ver 'Aplicação promissora'). A grande maioria desses trabalhos, no entanto, usou como catalisadores quase exclusivamente o carbeto de molibdênio (Mo₂C) e o carbeto de tungstênio (WC).

O interesse dos cientistas concentra-se na aplicação à catálise desses dois carbeto porque ambos podem ser preparados com elevados valores de área específica, através da técnica TPR, empregando temperaturas de síntese relativamente moderadas, entre 973 K (700°C) e 1.073 K (800°C). Poucos trabalhos abordam a síntese e aplicação à catálise do carbeto de nióbio (NbC), pois esse material, mesmo através da TPR, tem elevada temperatura de síntese (1.370 K, ou 1.097°C). Em função da temperatura, o carbeto é produzido com baixos valores de área específica e, portanto, com limitada aplicação à catálise.

O CARBETO DE NÍOBIO

Desde a década de 80, o Núcleo de Catálise (Nucat) do Programa de Engenharia Química da Coppe/UFRJ estuda de forma sistemática e contínua catalisadores à base de nióbio – de grande interesse para o país, que possui 80% das reservas e é responsável por 90% da produção mundial desse metal. A escolha do carbeto de nióbio como objeto de pesquisa foi, portanto, uma decorrência natural do trabalho que o Núcleo vinha desenvolvendo.

Para a síntese do carbeto de nióbio, através da técnica da TPR, foi usado, como óxi-

APLICAÇÃO PROMISSORA

Os processos de hidrotratamento (HDT) são aqueles em que o petróleo e suas diversas frações reagem cataliticamente com hidrogênio. Tradicionalmente, tais processos usam como catalisadores metais do Grupo VIB (molibdênio ou tungstênio) 'promovidos' através da adição a metais do Grupo VIII (cobalto ou níquel) depositados sobre um suporte. Essa promoção melhora, por efeito sinérgico, o desempenho desses metais nas reações. Os processos de hidrotratamento visam remover enxofre (hidrodessulfurização – HDS), nitrogênio (hidrodesnitrogenação – HDN), oxigênio (hidrodesoxidação – HDO) e metais (hidrodesmetalização – HDM). São exemplos importantes o pré-tratamento de cargas de alimentação de reformadores catalíticos, para prevenir o 'envenenamento' dos catalisadores à base de platina (bastante caros), e o tratamento da gasolina, obtida por craqueamento catalítico, para obter um produto estável e sem cheiro.

O aumento da rigidez das leis de controle ambiental – que hoje exigem a retirada de enxofre e nitrogênio, das cargas a serem tratadas, em nível 10 vezes maior do que há alguns anos –, associado à diminuição da qualidade das cargas a serem processadas e à necessidade de novos processos com significativa economia de hidrogênio, vem levando a novas técnicas de HDT. Hoje, nas reações, são usados novos suportes – como óxidos de titânio (TiO_2) e zircônio (ZrO_2) e óxidos mistos – e novos aditivos, e são aplicados novos sistemas ativos, como misturas, com suporte, de sulfeto de tungstênio com paládio ou platina ($\text{WS}_2 + \text{Pd}$ ou Pt) e de sulfeto de molibdênio com platina ($\text{MoS}_2 + \text{Pt}$). A aplicação de carbetos de metais de transição aos processos de hidrotratamento tem atraído maior interesse justamente porque tais materiais apresentam, em alguns casos, taxas de reação superiores ou consumos de hidrogênio inferiores aos dos catalisadores comumente utilizados nessas reações.

do de partida, pentóxido de nióbio (Nb_2O_5) comercial e com baixa área específica ($1 \text{ m}^2/\text{g}$). Como o objetivo principal era obter NbC com alta área específica, a pesquisa buscou melhorar o resultado da TPR variando a temperatura final de síntese. O procedimento consistiu, sucintamente, em depositar uma massa adequada (0,8 g) do Nb_2O_5 em um reator de quartzo, fazer passar por esse reator, com vazão de um litro por minuto, uma mistura (em volume) com 20% de metano (CH_4) e 80% de hidrogênio (H_2), e elevar linearmente a temperatura, desde a ambiente até o valor final desejado. Atingida a temperatura desejada, as condições eram mantidas pelo tempo necessário para completar a transformação Nb_2O_5 NbC. Após a síntese, análises de difração de raios X permitiam verificar se o produto

obtido era realmente NbC.

Essa metodologia permitiu obter o carbetos com até $42 \text{ m}^2/\text{g}$ de área específica quando a temperatura final de síntese foi mantida em 1.173 K

(900°C) durante três horas (figura 4). Esse valor máximo obtido representa um aumento de 4.200% em relação à área específica do óxido de partida. Embora tal área espe-

cífica seja muito inferior à dos catalisadores comumente usados na indústria química, pode ser considerada um valor moderado, na ausência de suporte.

O aumento de área específica ocorrido durante a transformação Nb_2O_5 NbC está associado ao surgimento de porosidade no carbetos. Análises revelam que o óxido precursor é constituído por partículas lisas e planas, enquanto as partículas do carbetos apresentam ranhuras, fissuras e pequenos buracos, responsáveis pelo surgimento de porosidade e, portanto, pelo aumento de área específica. A comparação de fotografias microscópicas de Nb_2O_5 e de NbC (figura 5) mostra ainda que a formologia das partículas constituintes do óxido é preservada no carbetos, fenômeno denominado pseudomorfismo.

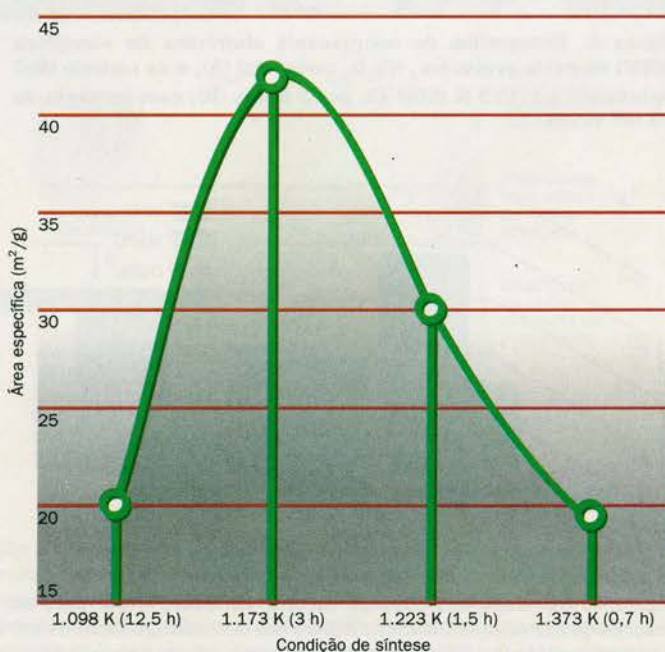


Figura 4. Variação da área específica em função da condição de síntese.

O NbC com áreas específicas de 42 m²/g foi usado como catalisador, comparando-se sua atividade com a do carbeto de molibdênio (Mo₂C) e a do catalisador comercial de cobalto e molibdênio (CoMo, tendo alumina – Al₂O₃ – como suporte). Como teste de avaliação catalítica foi escolhida a reação de hidrotratamento de uma carga líquida contendo 3.000 partes por milhão (ppm) de compostos nitrogenados, 2.000 ppm de compostos sulfurados, 500 ppm de compostos oxigenados e 20% (em peso) de compostos aromáticos, à temperatura de 643 K (370°C) e pressão de 3 MPa (megapascal). Tal carga, preparada através da adição a tetradecano (usado como solvente) de quantidades adequadas de dibenzotiofeno (C₁₂H₆S, fonte de enxofre), quinolina (C₈H₆N, fonte de nitrogênio), benzofurano (C₈H₆O, fonte de oxigênio) e tetralina (C₁₀H₈, fonte de aromáticos), é representativa das cargas industriais leves que normalmente sofrem hidrotratamento.

Antes do teste de catálise, o NbC sofreu tratamento sequencial de oxidação, com uma mistura (em volume) de 5% de oxigênio (O₂) e 95% de hélio (He) a 473 K (200°C) durante meia hora, e de redução, com hidrogênio puro (H₂) a 723 K (450°C) durante três horas, para remover a contaminação superficial de carbono. Tal contaminação ocorre porque o metano é decomposto (segundo a reação CH₄ → C + 2H₂) quando, durante a síntese do carbeto, a temperatura atinge mais de

873 K (600°C). O carbono liberado nessa decomposição deposita-se na superfície do carbeto, formando uma grossa camada, que precisa ser remo-

vida antes do teste de catálise.

A comparação entre as atividades catalíticas do NbC, do Mo₂C e do CoMo (figura 6) revelou que o carbeto de ní-

bio exibe, para as reações de hidrotratamento, performance catalítica inferior à dos outros dois produtos, mas é muito mais ativo nas reações de hidrodessulfurização. É preciso ressaltar, no entanto, que o carbono contaminante, por sua forte interação com a superfície do NbC, não foi totalmente removido pelo tratamento sequencial de oxidação/redução. Isso significa que uma remoção mais eficiente do carbono contaminante provavelmente aumentará a atividade desse carbeto na hidrodessulfurização.

Estudo recente desenvolvido no Núcleo de Catálise mostrou que a associação de pequenas quantidades de óxido de molibdênio (MoO₃) ao óxido de nióbio (Nb₂O₅) leva à formação, após a carburização por TPR, de um carbeto 'bimetálico' de Nb e Mo (NbMoC). Esse carbeto também mostra-se muito mais ativo na hidrodessulfurização e apresenta atividade inicial de reação na faixa de 85%, bem superior à do catalisador comercial.

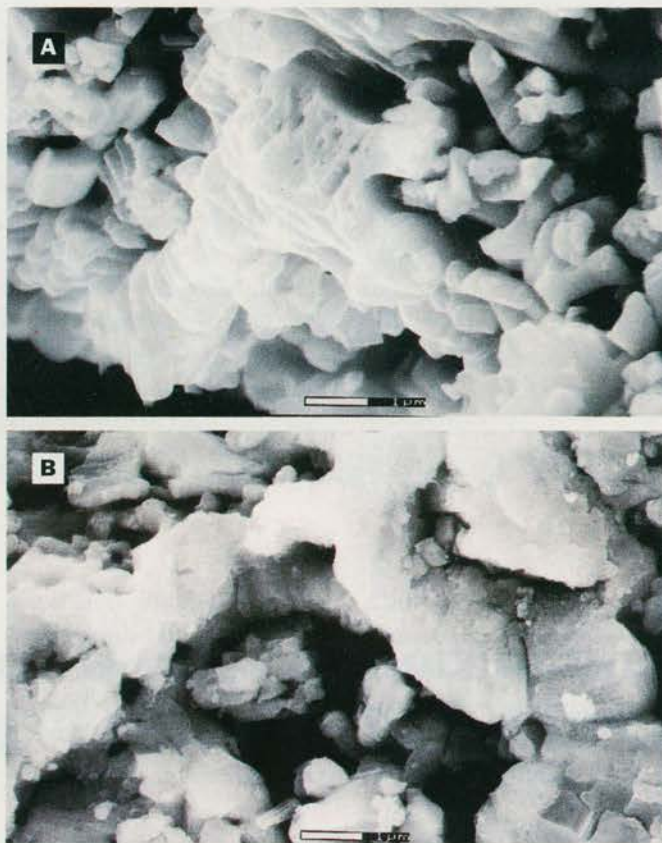


Figura 5. Fotografias de microscopia eletrônica de varredura (MEV) do óxido precursor, Nb₂O₅ comercial (A), e do carbeto NbC sintetizado a 1.173 K (900°C), por 3 horas (B), com aumento de 10 mil vezes.

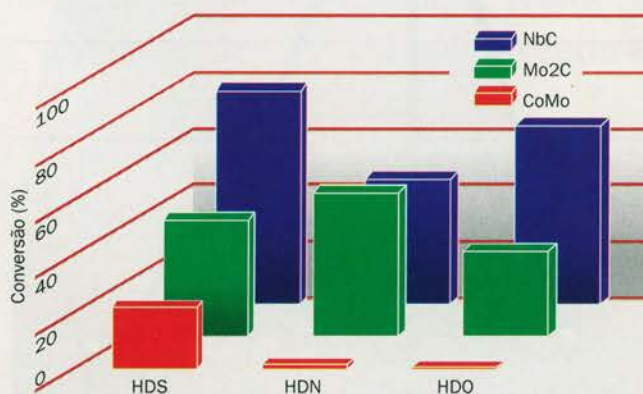


Figura 6. Atividade catalítica do carbeto de nióbio (NbC) para as reações de hidrodessulfurização (HDS), hidrodessnitrogenação (HDN) e hidrodessoxidação (HDO), comparada à do carbeto de molibdênio (Mo₂C) e à do catalisador comercial de cobalto e molibdênio CoMo (com alumina – Al₂O₃ – como suporte).

Victor L. S. Teixeira da Silva

Núcleo de Catálise,
Programa de Engenharia Química (PEQ), Coordenação de Programas e Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

S. Ted Oyama

Virginia Polytechnic Institute & State University
Blacksburg, Virgínia, Estados Unidos.

Martin Schmal

Núcleo de Catálise, PEQ/COPPE/UFRJ – Escola de Química, UFRJ.

CINZA DE BAGAÇO DE CANA REFORÇA TIJOLOS

Muitas pesquisas, em todo o mundo, buscam soluções para reduzir os custos da construção civil, destacando-se as que tentam substituir materiais relativamente caros, hoje comuns nessa atividade, por materiais abundantes e baratos. Uma das idéias em estudo é o uso de resíduos agroindustriais para a fabricação de elementos construtivos, como tijolos, blocos, telhas, argamassas e pisos. Essas alternativas poderiam ajudar a resolver problemas fundamentais em países como o Brasil, com carência de moradia e de estruturas sociais (escolas, redes de saneamento etc.), e ainda traria benefícios ecológicos, ao dar um destino útil a tais resíduos, hoje grandes ameaças ao meio ambiente.

Entre os resíduos pesquisados, com essa finalidade, as cinzas originadas da queima de materiais diversos têm posição destacada. Em grande número de agroindústrias, restos de industrialização primária (cascas, bagaços e outros) são queimados para gerar a energia, térmica e elétrica, necessária a outros processos industriais, como secagem e cozimento.

A utilização das cinzas do bagaço de cana – queimado por usinas açucareiras para obtenção de energia térmica (figura 1) – para a confecção de tijolos do tipo solo-cimento vem sendo estudada pela



Figura 1. A cinza de bagaço de cana saída das caldeiras das usinas de açúcar e álcool pode ser utilizada na fabricação de tijolos.

Universidade Federal Fluminense, no âmbito do mestrado em engenharia civil, dentro de uma linha mais geral de pesquisa na área de materiais alternativos a partir de resíduos agroindustriais. Os resultados iniciais são estimulantes.

TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

A terra comum, misturada com água, forma um material clássico de construção, usado de duas maneiras: em mistura quase pastosa (de elevada umidade), aplicada diretamente, ou em mistura mais seca, que deve ser prensada ou compactada em máquinas, geralmente formando tijolos. A mistura mais úmida é típica de taipas, construções rústicas em que o barro é aplicado *in natura* sobre uma estrutura básica de varetas de madeira.

O teor de umidade necessário em cada caso pode ser determinado experimentalmente, em função do solo empregado. Nos dois casos podem ser adicionados alguns produtos chamados estabilizadores, ou seja, substâncias que melhoram as propriedades físicas e mecânicas da mistura, tais como fibras, óleos e emulsões asfálticas, cimento ou cal. O termo 'terra', neste trabalho, é substituído pelo termo 'solo'.

O nome solo-cimento é dado à mistura homogênea e compactada de solo, cimento e água, em proporções determinadas. Tijolos fabricados – de maneira muito rápida e simples – com esse material representam uma excelente alternativa para construções de alvenaria. Para fabricação dos tijolos são usadas formas, dentro das quais o material

é socado manualmente ou prensado com equipamentos mecânicos (manuais ou hidráulicos). A desmoldagem é imediata e, após a cura (secagem natural), cada peça possui elevada resistência à compressão simples, similar à dos tijolos cerâmicos e tanto mais elevada quanto maior for a quantidade de cimento empregada na mistura. O cimento, no entanto, deve ser limitado a um teor ótimo para o solo utilizado, para conferir ao tijolo curado a necessária qualidade sem aumentar o custo de fabricação.

O teor de cimento na mistura depende fundamentalmente do tipo de solo. Solos arenosos quase sempre requerem menores teores de cimento do que os argilosos e siltosos. Em qualquer dos casos, porém, o solo precisa conter argila, necessária para que a mistura de solo e cimento, quando umedecida e compactada, tenha coesão suficiente para permitir a desmoldagem e manuseio dos tijolos logo após a prensagem, quando ainda não se processaram as reações de hidratação do cimento, responsáveis pelo endurecimento da mistura.

Dependendo do tipo de solo, da forma de compactação e da resistência à compressão que se quer obter para o tijolo, o teor de cimento pode variar entre 10% e

14% em peso. Embora esse teor seja econômico, em relação a outros materiais de construção, a quantidade de cimento é o fator determinante dos custos.

RESÍDUOS

AGROINDUSTRIAIS

Várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas para reduzir o teor de cimento e o volume de solo empregados na mistura e para melhorar as características mecânicas do tijolo de solo-cimento com a incorporação de resíduos agroindustriais. Os aglomerantes (cimento, cal e outros) e os agregados (terras, areias e pedras granuladas) são os materiais de maior consumo na construção civil, o que justifica sua substituição por esses resíduos. Para isso, vêm sendo usadas cinzas de usinas termoeletricas e siderurgicas e cinzas de casca de arroz e eucalipto, entre outras. Os elementos construtivos obtidos dessa forma têm propriedades físicas e mecânicas até melhores que os convencionais, além de custo menor.

RECURSOS UTILIZADOS

Os materiais empregados para confeccionar tijolos solo-cimento apresentam as seguintes características tecnológicas: a) cimento Portland composto com escória tipo CPII-E-32, que atende às especificações estabelecidas pelas normas técnicas brasileiras; b) solo coletado em Seropédica (RJ), do tipo areno-argiloso, com massa unitária em estado solto de 1,9 kgf/dm³ (figura 2); c) cinza de bagaço de cana (figura 3) obtida na

usina São José, situada no município de Campos (RJ).

Para as experiências, os traços (combinações de quantidades ou volumes) referen-

tes à mistura cimento, cinzas e solo, nessa ordem, foram predefinidos em 1:0:12, 1:1:11, 1:2:10, 1:3:9 e 1:4:8. A definição do volume de água

usado na mistura, em cada traço, exigiu que fossem determinadas as umidades das amostras de solo e de cinzas, à medida que eram consumidas. A 'umidade ótima' para cada traço foi obtida segundo procedimentos adotados pela Associação Brasileira de Cimento Portland.

O solo foi destorroado em peneira com malha de 4,8 mm, e as partículas de bagaço não-queimado foram retiradas das cinzas com peneira de malha de 1,2 mm (figura 4). Em cada traço, o cimento, a cinza e o solo foram misturados manualmente até a obtenção de uma coloração uniforme. Em seguida, a água correspondente foi medida e adicionada à mistura, realizando-se nova homogeneização. O uso de peneira de malha de 4,8 mm possibilitou melhorar a homogeneização da massa resultante, antes da etapa de conformação dos tijolos.

Para cada traço, foram moldados seis corpos de prova em prensa manual (maromba), comumente utilizada na confecção de tijolos de solo-cimento. A cura ocorreu em local protegido do sol, para evitar a perda rápida da umidade, realizando-se molhagem diurna (aspersão de água através de um regador): duas vezes nos três primeiros dias e apenas uma do quarto ao sétimo dia de pega e endurecimento. Os ensaios de resistência à compressão simples (figura 5) e de absorção de água foram realizados de acordo com a norma técnica brasileira para esse tipo de teste.

MALHA DA PENEIRA (mm)	MASSA ACUMULADA (%)	
	Fração retida	Fração passante
4,8	0,4	99,6
2,4	2,1	97,9
1,2	8,3	91,7
0,6	30,6	69,4
0,3	57,7	42,3
0,15	76,9	23,1
0,15	80	20

Figura 2. Composição granulométrica do solo.

MALHA DA PENEIRA (mm)	MASSA ACUMULADA (%)	
	Fração retida	Fração passante
4,8	0	100
2,4	0,3	99,7
1,2	0,6	99,4
0,6	2,1	97,9
0,3	7,1	92,9
0,15	23,1	76,9
0,15	100	0

Figura 3. Composição granulométrica da cinza do bagaço de cana.



Figura 4. A cinza de bagaço de cana é beneficiada antes da mistura com solo e cimento.



Figura 5. Os testes de compressão mostraram que os corpos de prova feitos com adição de cinza de bagaço de cana têm alta resistência.



Figura 6. Valores médios de resistência à compressão simples (28 dias após a fabricação) e de absorção de água em tijolos do tipo solo-cimento com adição de cinza de bagaço de cana.

Traço	Resistência (MPa)	Absorção (%)
1:0:12	2,2	20
1:1:11	2,6	19,5
1:2:10	3,1	19,2
1:3:9	3,6	18,6
1:4:8	1,9	22,3

Figura 7. Os testes comprovaram que os tijolos de solo-cimento fabricados com adição de cinzas de bagaço de cana podem ser utilizados em construções.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os testes revelaram que os tijolos que receberam cinzas de bagaço de cana nos traços 1:1:11, 1:2:10 e 1:3:9 apresentaram comportamento mecânico superior ao do traço 1:0:12 (isento de cinzas) e

desempenho satisfatório também quanto à absorção de água, de acordo com as normas técnicas brasileiras (figura 6). Tais tijolos, portanto, podem ser utilizados como material de vedação em geral (figura 7).

A norma brasileira exige

que o desempenho de resistência à compressão simples do tijolo apresente um valor mínimo de 2 MPa (1 MPa equivale a cerca de 10 kgf/cm²) e que a absorção de água atinja no máximo 20%. Os resultados obtidos indicaram que a adição das cinzas

do bagaço de cana ampliou os valores da resistência à compressão simples para quase o dobro do valor mínimo admissível, melhorando também a absorção de água. Tais resultados geraram outra hipótese, atualmente em estudo: a possibilidade de reduzir o teor de cimento na mistura, em consequência da adição da cinza. Outro efeito desejável dessa hipótese seria a redução de custos, com o aproveitamento dos rejeitos agroindustriais.

Edna das Graças Assunção Freitas

Instituto de Tecnologia,
Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro.

Programa de Engenharia Civil,
Universidade Federal Fluminense
(mestranda).

4ª REUNIÃO ESPECIAL DA SBPC

No campus da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia

de 24 a 28 de novembro

T e m a G e r a l

**O SEMI-ÁRIDO NO TERCEIRO MILÊNIO:
AINDA UM DESAFIO**

Informações pelos fones (011) 259 2766 e (075) 224 8027
ou pelos FAX (011) 606 1002 e (075) 224 1926

CAPES

45 anos de recursos humanos qualificados

Trajetória e realizações de um órgão com extraordinários serviços prestados à educação superior

A CAPES foi criada pelo Decreto nº 29.741, de 11.07.51, com o nome de Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, sob a presidência do Ministro da Educação e Saúde. Seus objetivos principais eram assegurar a existência de pessoal especializado, em quantidade e qualidade, com vistas ao desenvolvimento econômico e social do País e oferecer aos indivíduos mais capazes, sem recursos próprios, acesso a todas

as oportunidades para o aperfeiçoamento e treinamento de recursos humanos. Para tanto, a CAPES concedia bolsas para especialização de docentes e profissionais de várias áreas do conhecimento, predominantemente no exterior.

Pelo Decreto nº 50.737, de 07.06.61, a CAPES passou a ser subordinada diretamente à Presidência da República e, entre seus objetivos, foi dada ênfase ao estímulo à melhoria das condições de ensino e pesquisa nos centros universitários brasileiros. Em 1964 (Decreto nº 53.932, de 26.05.64), foram reunidos em um só órgão a CAPES, a COSUPI (Comissão Supervisora do Plano dos Institutos) e o PROTEC (Programa de Expansão do Ensino Tecnológico), passando, então, a CAPES a ser designada Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, subordinada ao Ministro da Educação. Entre suas finalidades estava também a de proporcionar assistência técnica às universidades e escolas superiores do País, visando a melhoria de seus padrões de ensino e pesquisa, mantendo, contudo, sua finalidade básica de orientar e executar as atividades relacionadas com o aperfeiçoamento de pessoal de nível superior, aí incluídos o contrato de professores e especialistas nacionais e estrangeiros, desenvolvimento e apoio aos Centros Nacionais de Aperfeiçoamento Pós-Graduado, aperfeiçoamento no País e no exterior de membros do corpo docente das universidades, apoio a reuniões para estudo e discussão de problemas de ensino superior e de assuntos científicos ou técnicos.

A década de 60 foi caracterizada por profundas modificações no sistema universitário brasileiro, com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Cursos de Pós-Graduação já eram então oferecidos por universidades brasileiras, embora não

houvesse ainda dispositivo legal conceituando esses cursos, o que veio a ocorrer através do parecer nº 977/65 do CFE, seguido da aprovação da lei que implantou a Reforma Universitária Brasileira (Lei nº 5.540, de 28.11.68) e do parecer do CFE (nº 77/69) que estabeleceu as normas para o credenciamento dos cursos de pós-graduação.

A política de C&T, elaborada no âmbito da Secretaria de

Planejamento da Presidência da República com a criação do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT), foi acompanhada, no Ministério da Educação, por ação correspondente, que consistiu no estabelecimento de uma política nacional visando o aproveitamento dos padrões de qualidade e desempenho da pós-graduação no País, consubstanciada na criação em 1974 do Conselho Nacional de Pós-Graduação, para elaborar o Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) e propor as medidas necessárias à execução e atualização da Política Nacional de Pós-Graduação. A fim de adaptar-se à nova situação, a CAPES foi reformulada (Decreto nº 74.299, de 18.07.74) no sentido de desenvolver suas atividades em harmonia com as diretrizes do PNPG e de colaborar com o Departamento de Assuntos Universitários – DAU (atual SENESU).

O PNPG passou a ser referencial básico para a atuação da CAPES, que buscou aperfeiçoar os mecanismos administrativos existentes e contribuir para a consecução dos novos objetivos. Assim, no que diz respeito à concessão de bolsas de estudos e auxílios financeiros, os programas existentes passaram a assumir perspectiva institucional e setorial, e não mais o atendimento a demandas individuais.

Extinto o Conselho Nacional de Pós-Graduação, suas competências foram atribuídas à CAPES (Decreto nº 86.791, de 28.12.81). A seguir, outros atos (Decretos nºs 86.816, de 05.01.82, e 92.642, de 12.05.86) reestruturaram a CAPES. Além do Conselho Deliberativo, ela passou a ter Diretoria-Geral, Diretoria de Programas, Diretoria de Administração e Conselho Técnico-Científico, integrado pela equipe de Diretores e pelos Presidentes de suas Comissões de Consultores Científicos.



A CAPES continuou sua evolução normal, cuidando de suas funções, que a fizeram órgão modelar na administração pública brasileira. Infelizmente, a Medida Provisória nº 150, de 15. 03.90, iníqua e irresponsável, em confissão de total desconhecimento das competentes e atuantes instituições do País, extinguiu a CAPES. Esse ato causou enorme impacto e repúdio em toda comunidade acadêmica, científica e tecnológica do País, que se mobilizou para anular os efeitos maléficos da extinção da CAPES, órgão com extraordinários serviços prestados à educação brasileira. Os efeitos dessa mobilização tiveram intensa repercussão. O Governo reconheceu o grave erro em que havia incidido e tornou sem efeito o ato anterior, restabelecendo a CAPES como órgão do Ministério da Educação (Decreto nº 99.244, de 10.05.90).

Complementando esse ato e novamente com o apoio maciço da comunidade educacional, científica e tecnológica do País, o Governo elaborou anteprojeto de lei instituindo a CAPES como Fundação Pública, mantendo a mesma denominação anterior – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Lei nº 8.405, de 09.01.92), seguindo-se o Decreto nº 524, de 19 de maio de 1992, que aprovou seu Estatuto, consolidando a nova estrutura da CAPES, atualmente em vigor.

A CAPES **HOJE**

A CAPES é uma Fundação Pública sob a supervisão do Ministério da Educação e do Desporto (MEC).

Subsídia o MEC na formulação de políticas para a área de Pós-Graduação, avalia e fomenta os cursos desse nível no País. Estimula, mediante bolsas de estudo, auxílios e outros mecanismos, a formação de recursos humanos altamente qualificados para docência em grau superior, a pesquisa, bem como o atendimento à demanda dos setores públicos e privados.

São vários os objetivos da CAPES no seu universo de atuação na política de educação do País. Dentre eles se destacam a elaboração da proposta do Plano Nacional de Pós-Graduação e de planos de atuação setoriais e regionais e o fomento de estudos e atividades que, direta ou indiretamente, contribuam para o desenvolvimento e consolidação das instituições de ensino superior.

A CAPES ainda apóia o processo de desenvolvimento científico e tecnológico nacional e mantém intercâmbio e contato com outros órgãos da Administração Pública ou entidades privadas,

visando a realização de acordos, contratos e ajustes relativos à consecução dos seus objetivos.

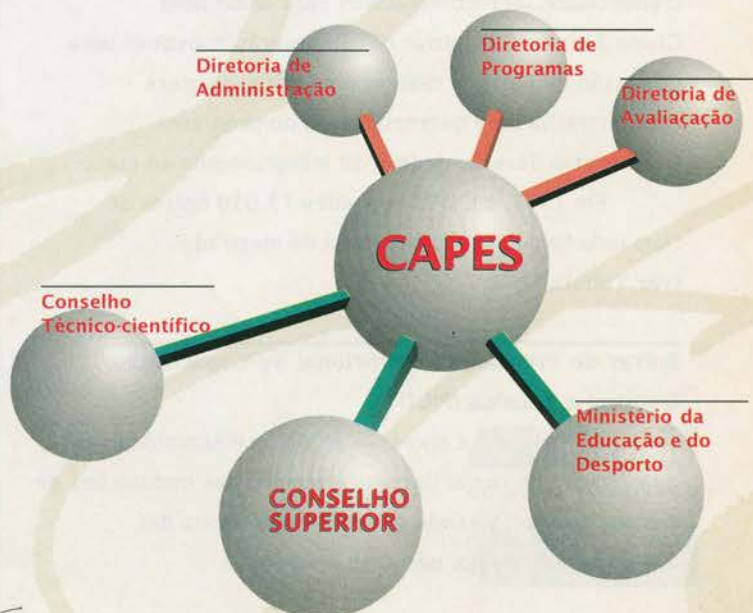
ESTRUTURA BÁSICA DA **CAPES**

Os Programas e Atividades da CAPES são desenvolvidos sob a coordenação e responsabilidade da Diretoria – composta pelo Presidente da Fundação e três diretores – assistida por dois conselhos.

O Conselho Superior, órgão decisório máximo da CAPES, é composto por oito membros natos, sendo cinco da área acadêmica, dois do setor produtivo e um representante do Fórum Nacional de Pró-Reitores de Pesquisa e Graduação.

O Conselho Superior estabelece prioridades e linhas gerais orientadoras das atividades da entidade, a partir de proposta apresentada pelo Presidente da CAPES. Aprecia, também, critérios, prioridades e procedimentos para a concessão de bolsas de estudo e auxílios, além de aprovar o relatório anual das atividades da CAPES e a respectiva execução orçamentária.

O Conselho Técnico-Científico é órgão central na discussão e encaminhamento de propostas de política institucional e na implementação de programas básicos, como a avaliação dos cursos de pós-graduação, a definição do cadastro de consultores e o julgamento dos pedidos de bolsas e auxílios individuais. É constituído por 16 Coordenadores das Comissões de Consultores Científicos – dois para cada uma das oito grandes áreas de conhecimento – mais um representante do Fórum de Pró-Reitores e outro da Associação Nacional de Pós-Graduandos.



A Diretoria de Administração é responsável pela coordenação e execução das atividades de orçamento e finanças, recursos materiais e reforma administrativa.

À Diretoria de Programas compete a coordenação e supervisão de programas de bolsas de estudo e auxílios no País e no Exterior.

A Diretoria de Avaliação é responsável pelo acompanhamento e avaliação dos cursos de mestrado e doutorado, pela avaliação dos projetos e pedidos de auxílio e pela coleta, organização e divulgação de dados sobre a pós-graduação.

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Entre os mais tradicionais programas de formação de recursos humanos mantidos através de bolsas da CAPES estão o Programa de Demanda Social, o Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica (PICDT), o Programa Especial de Treinamento (PET), além do Programa de Bolsas no Exterior.

No total, são mais de 20 mil bolsas concedidas e um orçamento realizado, em 1995, de 352 milhões de reais, cerca de 85% do orçamento da agência.

Bolsas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* (Demanda Social)

O objetivo do programa é de apoiar os cursos de pós-graduação *stricto sensu*, através da concessão de bolsas de mestrado e doutorado, para que os estudantes se dediquem em tempo integral às atividades acadêmicas.

As instituições beneficiadas por este programa deverão ter seus cursos de mestrado e doutorado credenciados ou recomendados para apoio pelo Grupo Técnico Consultivo (GTC), deverão constituir uma Comissão de Bolsas e manter uma infra-estrutura administrativa para gerenciamento do programa. Os bolsistas deverão dedicar-se integralmente ao curso.

Em 1995, a CAPES concedeu 13.039 bolsas de Demanda Social, sendo a maioria de mestrado (ver Tabela 1).

Bolsas do Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica (PICDT)

O PICDT se propõe a apoiar os esforços institucionais de qualificação do corpo docente e técnico das instituições de ensino superior, visando promover a melhoria das atividades de ensino, pesquisa e extensão.

As bolsas, em tempo parcial ou integral, são concedidas em nível de pós-doutorado, doutorado, mestrado, especialização/aperfeiçoamento e estágio.

As instituições beneficiadas deverão ter, no mínimo, 25% do corpo docente do quadro em tempo integral; manter o salário integral do docente durante a vigência da bolsa; possuir uma gerência administrativa específica para coordenar o programa. O bolsista, docente ou técnico de nível superior, deverá ser do quadro permanente da instituição de origem. A duração da bolsa é de até 12 meses para pós-doutorado ou especialização; até 30 meses para mestrado; até 48 meses para doutorado; e de três até 12 meses, no máximo, para estágio.

Em 1995, a CAPES concedeu 3.635 bolsas PICDT, a maioria de doutorado (ver Tabela 1).

Bolsas do Programa Especial de Treinamento (PET)

O objetivo do PET é de propiciar aos estudantes de graduação condições para o desenvolvimento de atividades extracurriculares, que favoreçam a interação do ensino, da pesquisa e da extensão, bem como uma maior integração dos bolsistas com o corpo docente e discente, da graduação e da pós-graduação, da própria instituição e de outras congêneres, visando o preparo de um profissional crítico e atuante no mercado de trabalho, especialmente na carreira universitária.

Os tutores, responsáveis pelos grupos PET, são professores contratados em tempo integral pela Instituição, têm o título de doutor – excepcionalmente, de mestre – e dedicam carga semanal mínima de oito horas às atividades do grupo, por um prazo mínimo de três anos. Os candidatos são selecionados pelo bom desempenho demonstrado em seu histórico escolar e deverão dedicar no mínimo 12 horas semanais às atividades do programa.

O programa PET estimula a melhoria do ensino de graduação pelo desenvolvimento de novas práticas e experiências pedagógicas no âmbito do curso, pela atuação dos bolsistas como agentes multiplicadores dessas práticas e experiências junto aos demais estudantes do curso e pela execução de atividades características de programas de pós-graduação.

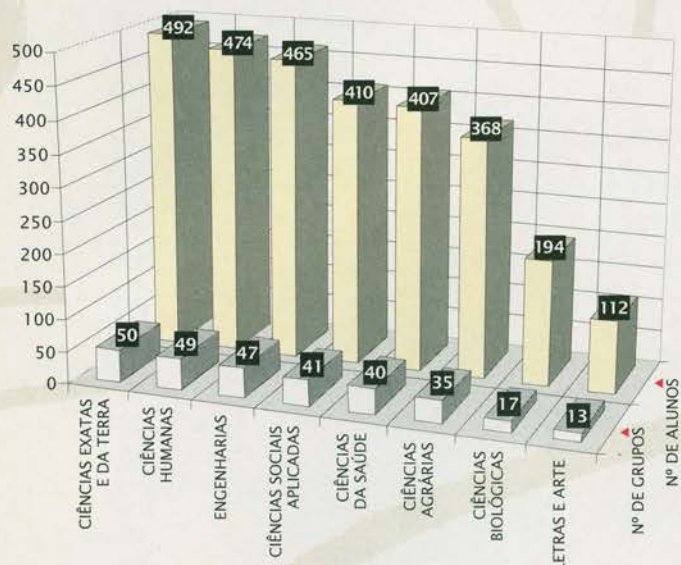
Existem, atualmente, cerca de 3 mil bolsistas PET nas 56 Instituições de Ensino Superior que participam do programa, sendo a maioria universidades federais. Os 292 grupos PET e respectivos professores-tutores



TABELA 1 • CONCESSÃO DE BOLSAS DA DEMANDA SOCIAL E DO PICDT POR ÁREA, REGIÃO, SEGUNDO O NÍVEL • 1966

Grande Área/Região	MESTRADO			DOCTORADO			TOTAL
	Demanda Social	PICDT	Total Mestrado	Demanda Social	PICDT	Total Doutorado	Demanda Social + PICDT
Brasil	9678	1100	10778	3361	2535	5896	16656
Ciências Exatas e da Terra	963	96	1059	538	331	869	1928
Norte	32	0	32	7	1	8	40
Nordeste	136	9	145	47	23	70	215
Sudeste	588	66	654	424	263	687	1341
Sul	160	18	178	40	31	71	249
Centro-Oeste	47	3	50	20	13	33	83
Ciências Biológicas	876	55	931	489	246	735	1666
Norte	27	0	27	18	4	22	49
Nordeste	93	8	101	15	3	18	119
Sudeste	548	33	581	393	203	596	1177
Sul	159	13	172	55	32	87	259
Centro-Oeste	49	1	50	8	4	12	62
Engenharias	1627	105	1732	570	460	1030	2762
Norte	16	0	16	0	0	0	16
Nordeste	98	12	110	0	0	0	110
Sudeste	1187	48	1235	481	345	826	2061
Sul	278	45	323	89	115	204	527
Centro-Oeste	48	0	48	0	0	0	48
Ciências Médicas	1521	178	1699	555	308	863	2562
Norte	6	0	6	0	0	0	6
Nordeste	131	18	149	17	5	22	171
Sudeste	1161	137	1298	493	270	763	2061
Sul	210	23	233	45	33	78	311
Centro-Oeste	13	0	13	0	0	0	13
Ciências Agrárias	1101	65	1166	290	289	579	1745
Norte	25	0	25	0	0	0	25
Nordeste	147	7	154	0	0	0	154
Sudeste	620	39	659	248	258	506	1165
Sul	273	15	288	36	31	67	355
Centro-Oeste	36	4	40	6	0	6	46
Ciências Sociais e Aplicadas	1741	287	2028	511	575	1086	3114
Norte	32	3	35	0	0	0	35
Nordeste	217	52	269	16	6	22	291
Sudeste	1087	158	1245	439	524	963	2208
Sul	290	61	351	34	33	67	418
Centro-Oeste	115	13	128	22	12	34	162
Ciências Humanas	1091	244	1335	205	216	421	1756
Norte	7	0	7	0	0	0	7
Nordeste	188	44	232	3	5	8	240
Sudeste	713	179	892	190	203	393	1285
Sul	170	21	191	12	8	20	211
Centro-Oeste	13	0	13	0	0	0	13
Letras e Linguística	557	58	615	163	96	259	874
Norte	8	0	8	0	0	0	8
Nordeste	78	8	86	7	3	10	96
Sudeste	305	30	335	128	75	203	538
Sul	141	19	160	28	18	46	206
Centro-Oeste	25	1	26	0	0	0	26
Artes	97	11	108	7	11	18	126
Norte	0	0	0	0	0	0	0
Nordeste	2	5	7	0	0	0	7
Sudeste	80	5	85	5	11	16	101
Sul	15	1	16	2	0	2	18
Centro-Oeste	0	0	0	0	0	0	0
Multidisciplinar	66	1	67	29	3	32	99
Norte	0	0	0	5	0	5	5
Nordeste	21	0	21	4	0	4	25
Sudeste	27	1	28	16	3	19	47
Sul	18	0	18	4	0	4	22
Centro-Oeste	0	0	0	0	0	0	0

se distribuem pelas diferentes áreas de conhecimento, conforme mostra o Gráfico 1.

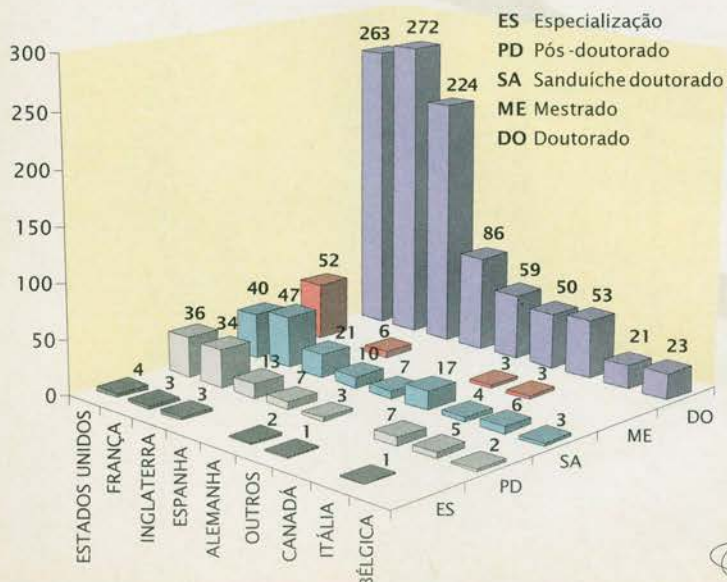


Bolsas de Pós-Graduação no Exterior

O objetivo do programa de Bolsas no Exterior é de complementar os esforços realizados pelos programas nacionais de pós-graduação, a fim de acelerar a formação de recursos humanos de alto nível para o País. As bolsas no exterior são concedidas nos níveis de pós-doutorado, doutorado (regular ou sanduíche) e especialização. A bolsa inclui, além das mensalidades, passagens aéreas, taxas escolares, seguro saúde e auxílio instalação.

Em 1995, foram concedidas cerca de 500 novas bolsas e atualmente, em junho de 1996, são 1.391 os bolsistas da CAPES no exterior, distribuídos em 26 países, sendo que 74% se concentram em apenas três países, Estados Unidos, França e Grã-Bretanha, como mostra o gráfico abaixo.

GRÁFICO 2 - NÚMERO DE BOLSISTAS DA CAPES NO EXTERIOR POR PAÍS DE DESTINO E MODALIDADE DE BOLSA - JUNHO DE 1996



ATIVIDADES DE AVALIAÇÃO

Avaliação dos Cursos de Mestrado e Doutorado

Faz 20 anos que a CAPES avalia sistematicamente os cursos de mestrado e doutorado oferecidos por instituições públicas e privadas, em todas as áreas de conhecimento. Esta avaliação, que ocorre a cada dois anos, é realizada por comissões de consultores científicos de reconhecida competência nas diferentes áreas de conhecimento e atuantes na pós-graduação.

Além do critério de competência, na composição das Comissões são adotados os critérios de representatividade, de rotatividade e de disponibilidade para o exercício da função, a partir de indicações obtidas dentre os pares.

A matéria-prima, objeto da análise das comissões de consultores científicos, resulta de uma ampla e detalhada coleta de informações, realizada anualmente junto a cada curso, sobre corpo docente, estrutura curricular, linhas de pesquisa, fluxo de alunos e produção científica docente e discente.

A partir de padrões de qualidade estabelecidos para o sistema como um todo, por grande área e por área de conhecimento, para cada curso são analisados os aspectos acima de modo analítico e comparativo, buscando detectar o processo interno de evolução de cada curso e o seu posicionamento em relação aos congêneres da respectiva subárea. Finalmente, é atribuído ao curso um conceito global, dentro de uma escala de "A" a "E".

Em suma, a avaliação da CAPES constitui-se num sistema de monitoramento permanente para os cursos de pós-graduação, em primeiro lugar, mas também para as instituições e para as áreas do conhecimento. O referenciamento dos critérios de avaliação dos programas de doutorado a níveis internacionais de qualidade, especialmente no que se refere à produção intelectual, é a próxima etapa no aprimoramento desse sistema.

Tanto o próprio processo de avaliação como as informações que dele derivam são valiosos subsídios para a operacionalização de estratégias, fixação de prioridades, alocação de recursos e implementação de ações que permitem controlar e melhorar a qualidade dos cursos de pós-graduação.

A última avaliação da CAPES relativa ao desempenho dos cursos em 1994-95, está na fase de finalização.

Realizada por cerca de 300 consultores distribuídos em 45 Comissões de área, avaliou um total de 1.158 programas das diferentes áreas de conhecimento, sendo 1.130 mestrados e 607 doutorados, como mostram a Tabela 2 e o Gráfico 3.

TABELA 2 - PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO AVALIADOS PELA CAPES - 1996

ÁREA	PROGRAMAS	ME	DO
C. Exatas	145	145	95
C. Biológicas	124	119	81
Engenharias	121	118	60
C. Médicas	282	272	171
C. Agrárias	140	139	52
C. Sociais	101	99	34
C. Humanas	162	160	76
Letras	53	53	32
Artes	12	12	3
Multidisciplinar	18	13	3
Total	1.158	1.130	607

Avaliação de Projetos e Pedidos de Auxílio

A CAPES realiza trabalho contínuo de avaliação de projetos relacionados com diversos programas de formação de recursos humanos, bem como de pedidos de auxílio para atividades no País e no Exterior.

Essa avaliação é realizada através de mais de 1.500 consultores cadastrados, sob a supervisão dos 42 representantes das áreas de conhecimento.



■ Ciências Humanas 14%	■ Ciências Biológicas 11%
■ Ciências Sociais 9%	■ Ciências Exatas 13%
■ Ciências Agrárias 12%	■ Multidisciplinar 2%
■ Ciências Médicas 23%	■ Artes 1%
■ Engenharias 10%	■ Letras 5%

FUNDAÇÃO E COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

A CAPES é uma Fundação vinculada ao Ministério da Educação e do Desporto, cujo objetivo principal é o de subsidiá-lo na formulação das políticas de pós-graduação, coordenando e estimulando a formação de recursos humanos mediante a concessão de bolsas de estudo, auxílios e outros mecanismos.

Outros objetivos da CAPES:

- Elaborar, acompanhar, avaliar e coordenar o Plano Nacional de Pós-Graduação.
- Elaborar a política de formação de recursos humanos de alto nível para o País.
- Fomentar estudos e atividades para a consolidação do ensino superior.
- Manter intercâmbio e contato com outros órgãos públicos e privados.

PROGRAMAS E ATIVIDADES DA CAPES

PROGRAMAS	SIGLAS	OBJETIVOS
Bolsa de Pós-graduação <i>Stricto Sensu</i> - Demanda Social	DS	Propiciar às instituições de ensino superior do país melhores condições para formação de recursos humanos em nível de mestrado e de doutorado. O instrumento através do qual este programa opera é o da concessão de quotas de bolsas aos cursos de pós-graduação para que estes mantenham determinado número de alunos dedicados em tempo integral às atividades do curso.
Programa de Apoio a Eventos no País	PAEP	Apoiar eventos (encontros, reuniões, fóruns, congressos, conferências, simpósios e <i>workshops</i>) de caráter científico e tecnológico no âmbito da pós-graduação, com abrangência nacional e/ou internacional. Envio de propostas: 90 (noventa) dias antes da data de realização do evento.
Programa de Consolidação de Cursos de Pós-graduação	-	Estimular o desenvolvimento de cursos de mestrado e/ou doutorado em reestruturação ou com desempenho insatisfatório, através do apoio à manutenção e/ou expansão de bolsas de estudo para o corpo discente. Inscrição: até 15/03.
Programa de Apoio à Reforma do Estado	-	Incentivar a formação de pessoal capacitado envolvido na modernização do Estado, estimulando a preparação de quadros capazes de liderar processos de mudanças. Divulgação periódica por editais.
Apoio à Integração Graduação/ Pós-graduação	PROIN/REENGE	Incentivar projetos que articulem os grandes avanços nas atividades de pesquisa e pós-graduação com melhoria do ensino de graduação. Envio de propostas: maio. Divulgação dos resultados: julho.



PROGRAMAS	SIGLAS	OBJETIVOS
Programa Professor Visitante	PVN/PVE	Auxiliar as Instituições Brasileiras de Ensino Superior na consolidação das atividades de ensino e pesquisa, no âmbito da pós-graduação, nas áreas consideradas prioritárias e com grande potencial de desenvolvimento. As candidaturas nacionais e internacionais são analisadas e atendidas em fluxo contínuo. Inscrição: até 90 (noventa) dias antes da data fixada para o início da visita. Divulgação: até 30 (trinta) dias antes da data fixada para início da visita.
Programa de Capacitação Docente e Técnica	PICDT	Apoiar os esforços institucionais de qualificação do corpo docente e técnico das instituições de ensino superior, para promover a melhoria das atividades de ensino, pesquisa e extensão. Proposta de Concessão/Projeto Operativo: outubro. Início da bolsa: março/setembro.
Subprograma Mestrado Interinstitucional	-	Viabilizar o acesso a cursos de mestrado de alto nível, a docentes e técnicos de instituições de ensino superior que necessitam acelerar a questão de seu pessoal.
Programa Suplementar de Apoio à Qualificação Docente	BAP	Contribuir para que as instituições federais de ensino superior possam reter seus docentes qualificados e engajá-los em projetos acadêmicos relevantes.
Programa de Apoio e Desenvolvimento Científico e Tecnológico	PADCT	Ampliar, melhorar e consolidar a competência técnico-científica nacional no âmbito das universidades, centros de pesquisa e empresas. Calendário: fixado através de editais, disponíveis nas Pró-Reitorias de Pós-Graduação.
Programa de Aperfeiçoamento das Artes no Exterior	APARTES	Proporcionar oportunidade de aperfeiçoamento no exterior a jovens talentos de reconhecido mérito, em início de carreira, nas áreas de música, dança, teatro, cinema e artes plásticas. Inscrições: de 30/novembro a 15/fevereiro.
Programa de Pós-Graduação no Exterior	-	As solicitações para pós-doutorado e doutorado-sanduíche são analisadas em fluxo contínuo, devendo a documentação ser encaminhada 90 (noventa) dias antes da data de início dos estudos. Doutorado: Inscrições de 15/setembro a 30/novembro.
Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior	PDEE	Conceder bolsas na modalidade sanduíche a alunos de doutorado, regularmente matriculados em cursos no País, com conceito "A" para realização de estágio no exterior, sobretudo em atividades de pesquisa. Encaminhar propostas com 90 (noventa) dias de antecedência (fluxo contínuo).
Programa de Participação Eventos/Curta Duração	-	Promover a troca de experiências e de informações, através do apoio à participação, em eventos de caráter científico no exterior, de professores doutores ou doutorandos no último ano do curso e pesquisadores. Encaminhar solicitação 90 dias antes da data de realização do evento (fluxo contínuo).
Programa de Estudantes e Convênio de Pós-Graduação.	PEC/PG	Conceder bolsas a professores universitários, pesquisadores, profissionais e graduados do ensino superior dos países em desenvolvimento com os quais o Brasil tem Acordos de Cooperação Cultural, Científica e Tecnológica, para realizar pós-graduação no País.
Acordos de Cooperação Internacional para Intercâmbio Interinstitucional:	-	Objetivar o intercâmbio entre grupos acadêmicos brasileiros e estrangeiros com vistas ao desenvolvimento de projetos de pesquisa conjunta e a qualificação de recursos humanos.
- Alemanha	PROBRAL	30 de junho
	DFG	Sem data limite
	F. Humboldt	Sem data limite
- Argentina	F. Antorchas	Sem data limite
Acordos de Cooperação Internacional para Apoio de Intercâmbio Individual:		Objetivar a formação de recursos humanos em todas as áreas do conhecimento. Período de Inscrições:
- Alemanha	CAPES/DAAD	BOLSISTAS BRASILEIROS
- China	CAPES/DAE/CEE	A candidatura deve ser encaminhada à CBE (Divisão responsável pela seleção dos bolsistas de 1º de setembro a 15 de novembro para implementação da bolsa no ano seguinte).
- Itália	CAPES/Itália	
- EUA/Fulbright	CAPES/Fulbright	BOLSISTAS ESTRANGEIROS
		A inscrição deverá ser enviada pelo órgão congênere.
Programa de Apoio a Cursos de Pós-Graduação <i>Lato Sensu</i>	LS	Apoiar os cursos de especialização/aperfeiçoamento destinados à qualificação de docentes de 3º, 2º e 1º graus e à capacitação técnico-profissional. Início Solicitação De janeiro a julho 30/maio-Ano anterior De julho a dezembro 30/novembro-Ano anterior
Programa de Interação da Universidade/Setor Produtivo	-	Estimular a aproximação entre as universidades, os centros de pesquisa e as empresas, através do treinamento e formação de recursos humanos. Apoiar atividades de extensão universitária que atendam à demanda do setor produtivo.

PROGRAMAS	SIGLAS	OBJETIVOS
Programa Especial de Treinamento	PET	Oferecer aos alunos de graduação, sob a orientação de um professor tutor, formação acadêmica de excelente nível, enfatizando o preparo de um profissional crítico e atuante, pela inclusão de atividades que propiciem a interação constante do ensino, da pesquisa e da extensão e, ainda, incentive a continuidade dos estudos em nível de pós-graduação. Inscrição: 01/dezembro a 15/fevereiro.
Programa de Treinamento para Professores de 1º e 2º graus	-	Apoiar o treinamento e a capacitação de professores de 1º e 2º graus, vinculados à rede pública, através de projetos que integrem a pós-graduação com os demais níveis de ensino. ENTREGA DOS PROJETOS 02/janeiro a 15/fevereiro 01/julho a 15/agosto IMPLANTAÇÃO DO PROJETO julho janeiro

CAPES 45 ANOS

Há 45 anos foi criada a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, para atuar como instrumento destacado no esforço de desenvolvimento econômico e social do País.

À CAPES cabia prover o País de recursos humanos qualificados, capazes de garantir o sucesso das grandes iniciativas de investimentos governamentais e privados, que viriam transformar a sociedade brasileira em geral.

Ao longo destes anos, a CAPES, em parceria com a FINEP e o CNPq, no âmbito federal, destacou-se como agência governamental responsável pela implantação da pós-graduação e, por intermédio dela, da qualificação de todo o ensino superior no País.

Os programas de bolsas e de apoio institucional constituem, até hoje, instrumentos centrais na consecução da tarefa de gerar quadros altamente qualificados para o ensino superior, para a pesquisa e para o mercado de trabalho não-acadêmico. A grande contribuição da CAPES, entretanto, está no fato de que a sua ação de fomento está vinculada, há 20 anos, a um sistema de avaliação da pós-graduação *stricto sensu*.

Desde o início dos anos 70, estava claro para os dirigentes da CAPES e para os grupos acadêmicos vinculados à nascente pós-graduação que um processo sistemático de avaliação, baseado na própria comunidade universitária, estabelecendo padrões, metas e exigências de qualidade, poderia contribuir decisivamente para a melhoria do desempenho deste nível de ensino.

A avaliação da CAPES soube legitimar-se perante toda a comunidade universitária, e hoje, 20 anos depois de implementada, é referência para inúmeros países da América Latina e mesmo fora do nosso continente. A ação da CAPES, nestes 45 anos, consolidou a base do enorme crescimento do sistema de pós-graduação do País.

O sistema conta hoje com mais de 1.726 cursos de

mestrado e doutorado, cerca de 65 mil estudantes e forma mais 9.000 mestres e 2.000 doutores por ano.

A CAPES ganhou notoriedade como uma instituição pequena, ágil e eficiente, graças às lúcidas direções que a lideraram e à dedicação dos seus funcionários. Esta notoriedade deve-se muito, também, ao trabalho descentralizado, à cooperação com as pró-reitorias de pesquisa e pós-graduação de todas as universidades e à comunidade acadêmica e científica em geral.

As tarefas e as responsabilidades não diminuíram. É ainda muito grande o déficit na qualificação docente no ensino superior e são graves os problemas de formação de professores nos outros níveis de ensino. O ensino de graduação não se beneficiou, na medida do desejável, do dinamismo e do caráter inovador da pós-graduação e mesmo a estrutura de nossa pós-graduação não permite, ainda, uma resposta adequada e diferenciada às demandas do mercado de trabalho não-acadêmico.

Os programas de bolsas no País e no exterior precisam aumentar sua eficiência e se constituírem em instrumento mais forte e definido da política de formação de recursos humanos, ajustados às expectativas do desenvolvimento do País.

O bem-sucedido modelo de avaliação precisa avançar corajosamente e incorporar critérios e metas de excelência que projetem definitivamente a pós-graduação nacional no cenário internacional.

Em termos institucionais, é desejável que a CAPES aprofunde a descentralização na execução de seus programas e se converta, mais e mais, em uma agência formuladora de políticas, avaliadora e financiadora dos programas implementados.

Ainda há muito a fazer. Mãos à obra!

ABÍLIO BAETA NEVES
Presidente da CAPES



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

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

Editores: Ennio Candotti (Departamento de Física do CCE/UFES), Ronald Cintra Shellard (Departamento de Física/PUC-RJ e CBPF), Luiz Drude de Lacerda (Instituto de Química/UFF), Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRRJ), Vivaldo Moura Neto (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Giulio Massarani (Programa de Engenharia Química/UFRRJ).

Conselho Editorial: Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq), Alzira de Abreu (Centro de Pesquisa e Documentação em História Contemporânea do Brasil/FGV), Ângelo Barbosa Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), Carlos Morel (Fundação Oswaldo Cruz/RJ), Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Otávio Velho (Museu Nacional/UFRRJ), Reinaldo Guimarães (Instituto de Medicina Social/UFRRJ), Sonia de Campos Dietrich (Instituto de Botânica/SP).

Diretor: José Monseñat Filho.

Coordenação Executiva: Gilene Vieira e Maria Elisa da Costa Santos (produção).

Redação: Maria Ignez Duque Estrada e Ricardo Menandro (edição de texto); Luisa Massarani (repórter); Micheline Nussenzweig (internacional); Martha B. Neiva Moreira (auxiliar de redação); Teresa Cristina S. Coelho (secretária).

Edição de Arte: Claudia Fleury (direção de arte), Carlos Henrique Viviane dos Santos (programação visual), Luiz Baltar (computação gráfica), Irani Fuentes de Araújo (secretária).

Info-CH (Departamento de Informática e Multimídia): Ildeu de Castro Moreira (editor científico-Instituto de Física/UFRRJ), Marcelo Quintelas Lopes (DocMaster CH on-line/SysOP CH-BBS), Rodolfo Patrocínio dos Santos (auxiliar técnico). CH-BBS: (021) 295-6198. CH on-line: <http://www.ciencia.org.br>

Administração: Lindalva L. Gurfield (gerente), Luiz Tito de Santana, Pedro Paulo de Souza, Ailton Borges da Silva, Marly Onorato, Cathia Maria A. Leiras, Luiz Claudio de O. Tito, Neuza L. de S. Soares, Flávia Verônica de Souza.

Assinatura e Circulação: Adalgisa M. S. Bahri (gerente), Maria Lúcia G. Pereira (assistente), Francisco Rodrigues Neto, Luciene de S. Azevedo, Márcio de Souza, Delson Freitas, Eliomar G. Santana, Sérgio L. P. Pessoa, Márcia Cristina G. da Silva.

Colaboraram neste número: Angela Vianna e Sueli Spiguel (edição de texto); Elisa Sankuevitz e M. Zilma Barbosa (revisão);

Luiz Fernando P. Dias (análise de sistemas); Raquel Prado Teixeira (programação visual).

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

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado (coordenação científica), Roberto Barros de Carvalho (coordenação de jornalismo), Marise de Souza Muniz (Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), C. Postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, telefax: (031) 443-5346.

Sucursal Brasília: Maria Lucia Maciel (coordenação científica) Edifício Multi-uso 1, Bloco C, térreo, sala C165, Campus Universitário, UnB, C. Postal 04323, CEP 70910-900, Brasília, DF, telefax: (061) 273-4780.

Sucursal Recife: Luiz Antonio Marcusch, Angela Weber - Av. Luiz Freire s/nº, CCN, Área I, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE, telefax: (081) 453-2676.

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

Sucursal São Paulo: Vera Rita Costa (coordenação). Coordenação científica: Celso Dal Ré Carneiro (Unicamp), Paulo Cesar Nogueira e Soraya Smaili (Unifesp). USP, Prédio da Antiga Reitoria, Av. Prof.

Luciano Gualberto, 374, trav. J, 4º andar, salas 410/414, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP, telefax: (011) 818-4192/814-6656.

Correspondentes: **Porto Alegre:** Ludwig Buckup (Departamento de Zoologia, UFRGS), Av. Paulo Gama, 40, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 228-1633, r. 3108. **Curitiba:** Glaci Zancan (Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Campus Universitário Jardim das Américas), CEP 81530-900, Curitiba, PR, tel.: (041) 266-3633, r. 184. **Campina Grande:** Mário de Souza Araújo Filho (Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba), Rua Nilda de Queiróz Neves, 130, CEP 58108-670, Campina Grande, PB, tel.: (083) 321-0005.

Correspondente em Buenos Aires: Revista *Ciência Hoy*, Corrientes 2835, Cuero P, A, 5º A, 1193, Capital Federal, tels.: (00541) 961-1824/962-1330.

Assinatura para o exterior (11 números): US\$ 100 (via aérea).

Assinatura para o Brasil (11 números): R\$ 64,50.

Fotolito: Studio Portinari Matizes Gráficas. **Impressão:** Gráfica J.B. S.A. **Distribuição em bancas:** Fernando Chinaglia Distribuidora S.A. **ISSN-0101-8515.**

Colaboração: Para a publicação desta edição, *Ciência Hoje* contou com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Departamento Comercial: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, telefax: (011) 258-8963. Diretor Nacional de Comercialização: Ricardo Madeira. Contato de Publicidade/São Paulo: Marcos Martins. Supervisora de Operações Comerciais: Sandra Soares. Representante/Brasília: Deusa Ribeiro, tels.: (061) 577-3494/989-3478, fax: (061) 273-4780. Representante/NE (Projeto Nordeste), telefax: (071) 876-1079 e tel.: (071) 961-6024. Representante/Rio Grande do Sul: Avremiro Zimmermann, telefax: (051) 221-4538/221-7611.



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franqueada ao público em geral. Através de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência Hoje* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1986). Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

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

Regionais: **AC** - Caixa Postal 36. Cep: 69908-970, Rio Branco - AC. Tel.: (068) 228-3051 (Karla Kristina Oliveira Martins). **MA** - Campus Universitário Bacanga/UFMA, Área de Convivência, Bl. 1 - SL, Prédio do CEB (velho). Cep: 65080-040, São Luís - MA. Tel: (098) 217-8183. Fax: 217-8702 (Maria Marlúcia Ferreira Correia). **RO** - Rua Pe. Agostinho, casa 13 Qd. 20, Conj. Santo Antônio - C.P. 460. Cep: 78904-420, Porto Velho - RO. UFRO - Depto. de Educação Física, Campus Universitário

- BR 364, Km 9,5. Tel.: (069) 221-9408. Fax: (069) 216-8506 A/C Carmem (Célio José Borges). **AM** - Depto. Ciências Pesqueiras/Faculdades de Ciências Agrárias/Universidade do Amazonas. Cep: 69077-000, Manaus-AM (Vandick da Silva Batista). **BA** - Faculdade de Medicina/UFBA, Rua João Botas, s/n. Cep: 40110-160, Salvador-BA (Edgar Marcelino de Carvalho Filho). **CE** - Rua D. Jerônimo, 339/503/Otávio Bonfim. Cep: 60011-170, Fortaleza-CE (Ronaldo de Albuquerque Ribeiro). **PB** - Rua Nilda de Queiróz Neves, 130, Bela Vista. Cep: 58108-670, Campina Grande-PB. Rua Cardoso Vieira, 234. Cep: 58108-050, Campina Grande-PB. Tel: (083) 321-1877. Fax: (083) 321-5406 (Elizabeth Cristina de Araújo). **SE** - Av. Francisco Moreira, 650/103/Edifício Port Spain. Cep: 49020-120, Aracaju-SE. UFSE/Campus Universitário/Jardim Rosa Elze. Cep: 49000-000, Aracaju-SE. Tel: (079) 241-2848, r. 335. Fax: 241-3995 (Antonio Ponciano Bezerra). **DF** - SQN 107, Bl. H - ap. 503, Asa Norte. Cep: 70743-080, Brasília-DF. Tel.: (061) 272-1663/274-0570 (Carlos Block Jr.). **MG** - R. Senhora das Graças, 188, Cruzeiro. Cep: 30310-130, Belo Horizonte-MG. Fundação Ezequiel Dias/Síntese Fârmacos. R. Cde. Pereira Carneiro, 80. Cep: 30510-010, Belo Horizonte-MG. Tel.: (031) 371-2077, r. 280. Fax: (031) 3322534. (Maria Mercedes V. Guerra Amaral). **GO** - Av. Samambaia, 1, Cond. Bugainville, c. 1/Chácara Samambaia. Cep: 74691-300, Goiânia-GO. UFGO/Instituto de Estudos Regionais, C.P. 131. Cep: 74001-970, Goiânia-GO. Tel.: (062) 205-1440. Fax: (062) 202-1035. mals@pequi.ufg.br (Marco Antonio Sperb Leite). **MT** - Rua Antonio Maria, 444/Centro. Cep: 78020-820, Cuiabá-MT. Av. Fernando Corrêa da Costa/UFMT, CCBS II/Herbário Central, Cuiabá-MT. Tels.: (065) 315-8268/8351. Fax: (065) 361-1119 (Miramy Macedo). **ES** - Depto. Ciências Fisiológicas, Rua Marechal Campos, 1.468. Cep: 29040-090, Vitória-ES (Luiz Carlos Schenberg). **RJ** - CBPF - LAFEX, Rua Xavier Sigaud, 150. Cep: 22290-180, Rio de Janeiro-RJ. Tel: (021) 542-3837/295-4846. Fax: (021) 5412047/5412342. shellard@lafex.cbpf.br (Ronald Cintra Shellard). **SP (subárea I)** - Rua Arthur Azevedo, 761/

124, Pinheiros. Cep: 05404-011, São Paulo-SP. USP/Depto. de Biologia/Instituto de Biociências C.P. 11461. Cep: 05499-970, São Paulo-SP. Tel: (011) 818-7579/818-7683 (Luís Carlos Gomes Simões). **SP (subárea II)** - Depto. Ciência Tecnol. Agro-industrial/ESALQ, Av. Pádua Dias, 11. C. Postal 9. Cep: 13418-900, Piracicaba-SP. Tel.: (0194) 29-4150/29-4196/29-43213. Fax: (0194) 22-5925 (Luís Gonzaga do Prado Filho). **Botucatu (seccional)** - Depto. de Genética/Universidade Est. de São Paulo. Cep: 18618-000, Botucatu-SP. Tels: (014) 821-2121, r. 229/822-0461 (Dértia Villalba Freire-Maia). **SP (subárea III)** - Depto. de Tecnologia/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária/Unesp. Depto. de Tecnologia Rod. Carlos Tonani, Km 05. Cep: 14870-000, Jaboticabal-SP (Márcia Rossini Mutton). **MS** - DCT/CEET/UFMS/Cidade Universitária. Cep: 79009-900, Campo Grande-MS (Almir Joaquim de Souza). **PR** - Depto. de Genética/Setor Ciências Biológicas. Caixa Postal 19071. Cep: 81531-990, Curitiba - PR. Tel.: (041) 366-3144, r. 232. Fax: (041) 266-2942. (Euclides Fontoura da Silva Jr.). **Maringá (seccional)** - Depto. de Biologia Celular e Genética/UEMaringá. Av. Colombo, 3.690. Cep: 87020-900, Maringá-PR. Tel.: (044) 262-2727, r. 342. Fax: (044) 222-2654. (Paulo César de Freitas Mathias). **RS** - Hospital das Clínicas Porto Alegre/Unidade Genética Médica. Rua Ramiro Barcelos, 2.350. Cep: 90035-003, Porto Alegre-RS. Tels.: (051) 332-6131/332-6699, r. 2310. Fax: (051) 3329661/3328324. giugliani@dpx1.hcpa.ufrgs.br (Roberto Giugliani). **Santa Maria (seccional)** - Rua dos Andradas, 1.123/ap. 404, Centro. Cep: 97010-031, Santa Maria-RS (Ruy Jornada Krebs). **Pelotas (seccional)** - Av. General Barreto Viana, 611. Cep: 91330-630, Porto Alegre-RS (Fernando Irajá Félix Carvalho). **Rio Grande (seccional)** - FURG/DECLA/Campus Carreiros. Cep: 96500-900, Rio Grande-RS. decsirr@super.furg.br (0532) 301400, r. 131. Fax: (0532) 301194 (Sirio Lopez Velasco). **SC** - Depto. de Fitotécnica/CCA/UFSC. Caixa Postal 476. Cep: 88040-970, Florianópolis-SC. Tel.: (048) 234-2266/231-9357. Fax: (048) 234-2014 (Miguel Pedro Guerra).

Minério de ferro (é a maior produtora e exportadora do mundo), pelotização, ouro (é a maior produtora da América Latina),

manganês, bauxita, alumina, alumínio, cobre, caulim, potássio, siderurgia, ferro-ligas, florestas, celulose, papel, pesquisas

geológicas, transporte ferroviário (carga e passageiros), portos e frota transoceânica. 54 anos de um grupo sólido de 45

empresas entre subsidiárias e coligadas. Qualidade total com qualidade ambiental.



Resumindo:

<http://www.cvrd.com.br>



A Bahia investe em ciência e tecnologia para que as descobertas não aconteçam só por acaso.

Ciência, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento sustentável são algumas das prioridades da Bahia: um ambiente que desperta a criatividade e facilita descobertas. Afinal, foi o palco da descoberta mais importante da história de nosso país. Por isso a Bahia está promovendo novas ações nas áreas de ciência, tecnologia e meio ambiente, como o intercâmbio com cientistas de outros Estados e esta ligação com a revista Ciência Hoje. Eis uma iniciativa que serve de exemplo a este país que começa a se projetar no cenário científico internacional. Só assim o mundo vai poder descobrir o Brasil de novo, aqui na Bahia, com tecnologias limpas e boas avaliações tecnológicas.

