

**CIÊNCIA HOJE**

**ECO-BRASIL**

COM ESTE VOLUME ESPECIAL, A REVISTA *CIÊNCIA HOJE*, PUBLICADA PELA  
SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC),  
COMEMORA A REALIZAÇÃO DA CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS  
PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, A RIO - 92.  
O OBJETIVO DESTA EDIÇÃO É DIFUNDIR A TEMÁTICA AMBIENTAL BRASILEIRA,  
AMPLIANDO OS CANAIS DE PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE E  
FORNECENDO ELEMENTOS PARA AS DISCUSSÕES EM PAUTA NA CONFERÊNCIA.  
ESTA É UMA INICIATIVA IMPORTANTE COMO CONTRIBUIÇÃO AO ENTENDIMENTO  
DAS QUESTÕES LEVANTADAS DURANTE E APÓS A REALIZAÇÃO DO EVENTO.

Financiadora de Estudos e Projetos - Finep

Secretaria Especial do Meio Ambiente da Presidência da República — Semam



## PALAVRAS DA TERRA

**D**os 7°38 latitude Sul e 72°32 longitude Oeste aos 7°07 Sul e 34°52 Oeste. De 5°12 Norte e 60°20 Oeste a 33°31 Sul e 53°21 Oeste, encontramos o Brasil no mapa do mundo. Terra de grandes riquezas e incontáveis misérias. De homens.

*Açaí de terra firme  
jurema branca esponjeira  
bordão de velho borragem  
taxi de flor amarela  
ubim peúva do campo  
caju manso mamão bravo  
cachimbo de jabuti  
e pau roxo de igapó*

Culturas diferentes, histórias nunca contadas. Justiça sempre desconhecida, terras mal repartidas. Agressão não é palavra, é ferida. Não há memória.

*goiaba d'anta angelim  
rajado burra leiteira  
tamboril timbó cazumbra  
malícia d'água mumbacu  
mulatinho mulateiro  
muirapixuna pau ferro  
chapéu de napoleão  
no capim de um só botão*

Uma república que não é, liberdade mal tolerada. Tiradentes, o herói do povo. Esquartejado. Joaquim Silvério dos Reis ainda circula, patrono.

Fabricar sabão já foi proibido. Ainda o é.

*sapopema erva de chumbo  
mororozinho salvina  
água redonda açucena  
sete sangrias majuba  
sapupira pitangueira  
maria mole puruma  
puruí rapé dos índios  
coração de negro aipé*

Rio Grande é Acre. Fronteiras movem. Gentes migram. Plantar sem colher. Expulsar. Devastar. Homens e terras. Troca mogno por vaca, castanheira por queimada. Soja e arroz. Cana.

*sebastião de arruda embira  
pente de macaco preto  
gonçalo alves zaranza  
pacova cega machado  
barriguda pacuíba  
rabo de mucura sorva  
cravo do mato xuru  
morototó tarumã*

De curupira, saci e besta-fera, onças, jabutis, jacus e periquitos. Florestas, cerrados, sertão ou alagado. Açaí, goiaba, sapopema e Sebastião — se enuncia, pouco se sabe. Nada se ensina.

*junco popoca  
junco popoca  
biquipi biribá botão de ouro*

Carlos Drummond de Andrade  
(Extraído de *Origem: A palavra e a terra*)

Os Editores



## SUMÁRIO

---

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| OS SERTÕES: A ORIGINALIDADE DA TERRA<br>Aziz Nacib Ab'Sáber                                                                          | 4   |
| A CHUVA QUE NÃO QUEREMOS<br>Eduardo Humeres                                                                                          | 15  |
| A FLORESTA E AS ÁGUAS<br>Eneas Salati                                                                                                | 18  |
| A COLEÇÃO DE INSETOS DE FRITZ PLAUMANN<br>Benedito Cortês Lopes                                                                      | 25  |
| A NATUREZA DAS RESTINGAS<br>Dorothy Sue Dunn de Araújo e Luiz Drude de Lacerda                                                       | 26  |
| SOJA: PROTEÍNA PARA MILHÕES<br>Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi                                                                     | 33  |
| AMBIENTE, REPRESAS E BARRAGENS<br>José Galizia Tundisi                                                                               | 40  |
| DA FLORESTA AO CERRADO, DA RESTINGA AOS MANGUEZAIS<br>Ibsen de Gusmão Câmara                                                         | 47  |
| EUTROFIZAÇÃO ARTIFICIAL: A DOENÇA DOS LAGOS<br>Francisco de A. Esteves e Francisco Antônio Rodrigues Barbosa                         | 48  |
| ENOS E O CLIMA NO BRASIL<br>Luiz Carlos Baldicero Molion                                                                             | 54  |
| CACTÁCEAS: OS SEGREDOS DA SOBREVIVÊNCIA<br>Carlos Toledo Rizzini                                                                     | 62  |
| ABRÓTEA: O NOSSO BACALHAU<br>Egon Nort, Luiz Henrique Beirão, Sônia Christina Boeing e Mario I. Elias Nicolau                        | 73  |
| EM BUSCA DAS RAÍZES<br>Francisco M. Salzano                                                                                          | 74  |
| PARQUE DAS EMAS<br>Kent H. Redford                                                                                                   | 80  |
| ARARINHA-AZUL: A UM PASSO DA EXTINÇÃO<br>Paul Roth                                                                                   | 87  |
| PAEPALANTHUS, CUPINS E ARANHAS<br>José Eugênio Côrtes Figueira e João Vasconcellos Neto                                              | 88  |
| A HISTÓRIA DO VELHO BRASIL<br>Pedro Ignácio Schmitz                                                                                  | 94  |
| RHOPORNIS ARDESIACA, A AVE QUE SE ESCONDE<br>Carlos Ribeiro                                                                          | 103 |
| SERPENTES NA SELVA DE PEDRA<br>Giuseppe Puerto, Iara L. Laporta-Ferreira e Ivan Sazima                                               | 104 |
| AS TARTARUGAS DA TRINDADE<br>Alexandre Filippini                                                                                     | 106 |
| FEROMÔNIOS NO CONTROLE DE PRAGAS<br>Evaldo Ferreira Vilela, José Tércio B. Ferreira, João Valentin Gasparotto e José Inácio L. Moura | 116 |
| ADAPTAÇÃO BIOQUÍMICA EM PEIXES DA AMAZÔNIA<br>Vera Maria Fonseca de Almeida-Val e Adalberto Luis Val                                 | 124 |
| O CERRADO E A ECOLOGIA DO FOGO<br>Leopoldo Magno Coutinho                                                                            | 130 |
| RESTAURAÇÃO DA FLORESTA EM PASTAGENS DEGRADADAS<br>Christopher Uhl, Daniel Nepstad, José Maria Cardoso da Silva e Ima Vieira         | 140 |
| NAS PEGADAS DO HOMEM AMERICANO<br>Niède Guidon                                                                                       | 150 |





Colinas sertanejas com caatingas arbustivas, no auge de uma estação seca. Somente os juazeiros e algumas raras carnaubeiras apresentam caráter perenifólio. Nota-se bem a coloração cinza-esbranquiçada da caatinga.



# OS SERTÕES

---

## A ORIGINALIDADE DA TERRA

---

Aziz Nacib Ab'Sáber

Departamento de Ecologia da UNESP

**N**enhum pioneiro da ciência suportou ainda as agruras daquele rincão sertanejo, em prazo suficiente para o definir (...)

A luta pela vida que nas florestas se traduz como uma tendência irreprimível para a luz (...), ali, de todo oposta, é mais obscura, é mais original, é mais comovedora. O sol é o inimigo que é forçoso evitar, iludir ou combater. E evitando-o pressente-se de algum modo (...) a inumação da flora moribunda, enterrando-se os caules pelo solo. Mas como este, por seu turno, é áspero e duro, exsicado pelas drenagens dos pendores ou esterilizado pela sucção dos estratos completando as insolações, entre dois meios desfavoráveis — espaços candentes e terrenos agros — as plantas mais robustas trazem no aspecto anormalíssimo, impressos, todos os estigmas dessa batalha surda (...)

Entre os agentes determinantes da seca se intercalam, de modo apreciável, a estrutura e a conformação do solo. Qualquer que seja a intensidade das causas complexas e mais remotas (...), a influência daquelas é manifesta desde que se considere que a capacidade absorvente e emissiva dos terrenos expos-

tos, a inclinação dos estratos, que os retalham, e a rudeza dos relevos topográficos, agravam, do mesmo passo, a crestandura dos estios e a degradação intensiva das torrentes. De sorte que, saindo das insolações demoradas para as inundações subitâneas, a terra, mal protegida por uma vegetação decídua, que as primeiras requeimam e as segundas erradicam, se deixa, pouco a pouco, invadir pelo regime francamente desértico.

As fortes tempestades que apagam o incêndio surdo das secas, em que pese à revivescência que acarretam, preparam de algum modo a região para maiores vicissitudes. Desnudam-na rudemente, expondo-a cada vez mais desabrigada aos verões seguintes; sulcam-na numa molduragem de contornos ásperos; golpeiam-na e esterilizam-na; e ao desaparecerem, deixam-na ainda mais desnuda ante a adustão dos sóis. O regime decorre num intermitir deplorável, que lembra um círculo vicioso de catástrofes (...)

O martírio do homem, ali, é o reflexo de tortura maior, mais ampla, abrangendo a economia geral da vida.

Nasce do martírio secular da Terra."

Euclides da Cunha, *Os Sertões*, 1901.



**E**xistem na América do Sul três grandes áreas semi-áridas: a região Guajira, na Venezuela e Colômbia; a diagonal seca do Cone Sul, que envolve muitas nuances de aridez ao longo da Argentina, Chile e Equador; e, por fim, o Nordeste seco do Brasil, província fitogeográfica das caatingas, onde dominam temperaturas médias anuais muito elevadas e constantes. Os atributos que dão similitude às regiões semi-áridas são sempre de origem climática, hídrica e fitogeográfica: baixos níveis de umidade, escassez de chuvas anuais, irregularidade no ritmo das precipitações ao longo dos anos, prolongados períodos de carência hídrica, solos problemáticos tanto do ponto de vista físico quanto do geoquímico (solos salinos, solos carbonáticos) e ausência de rios perenes, sobretudo no que se refere às drenagens autóctones.

Conhecer mais adequadamente o complexo geográfico e social dos sertões secos e fixar os atributos, as limitações e as capacidades dos seus espaços ecológicos nos parece uma espécie de exercício de brasilidade, o germe mesmo de uma desesperada busca de soluções para uma das regiões socialmente mais dramáticas das Américas. O Nordeste seco possui uma área total da ordem de 750 mil quilômetros quadrados, onde vivem 20 milhões de brasileiros — entre os quais, quatro milhões de camponeses sem terra — marcados por uma relação telúrica com a rusticidade física e ecológica dos sertões, sob uma estrutura agrária particularmente perversa. É uma das regiões semi-áridas mais povoadas entre todas as terras secas existentes nos trópicos ou entre os trópicos.

O conhecimento de suas bases físicas e ecológicas não tem força, isoladamente, para explicar as razões do grande drama dos grupos humanos que ali habitam. No entanto, a análise das condicionantes do meio natural constitui uma prévia decisiva para explicar causas básicas de uma questão que se insere no cruzamento dos fatos físicos, ecológicos e sociais. Nenhuma solução ou feixe de soluções dirigidas para a resolução dos problemas do Nordeste brasileiro poderá abstrair o comportamento do seu meio ambiente, inclusive no que diz respeito à fisiologia da paisagem, aos tipos de tecidos ecológicos e à utilização adequada dos escassos recursos hídricos disponíveis.

Caatinga arbustivo-arbórea dos arredores de Chorozinho (CE). A foto foi tirada no meio do ano, quando a estação seca começava.

**S**ão muitos os fatos que respondem pela originalidade fisiográfica, ecológica e social dos sertões secos, região paradoxal em relação aos demais tipos de espaços geográficos do mundo subdesenvolvido. O grau de diferenciação de seus espaços econômicos e sociais é inegavelmente baixo. Por outro lado, é uma “região sob intervenção”, onde o planejamento estatal define projetos e incentivos econômicos de alcance desigual, através de programas incompletos e desintegrados de desenvolvimento regional. E, por fim, revelando o caráter híbrido de seu perfil sócio-econômico atual, combina arcaísmos generalizados com importantes elementos pontuais de modernização, tais como uma razoável hierarquização urbana, um bom sistema de rodovias asfaltadas que garante as ligações intra e inter-regionais, e uma rede de açudes, com diferentes possibilidades de fornecimento de água para áreas irrigáveis de planícies de inundação (“vazantes”).

O conjunto é polarizado em direção à fachada atlântica, mantendo fortes relações com as metrópoles e grandes cidades costeiras, sendo necessário registrar ainda a presença das diversas capitais regionais (Campina Grande, Crato, Mossoró, Feira de Santana, Patos, Caruaru), que funcionam como cidades *relais*, com vigoroso comércio e múltiplas funções. No nível social, estes aglomerados urbanos constituem, através de suas feiras populares, o grande ponto de encon-

tro das populações residentes nos sertões.

Das velhas e repetitivas noções do ensino médio — herdadas um pouco por todos nós — restaram observações pontuais e desconexas sobre o universo físico e ecológico do Nordeste seco. Sua região interiorana sempre foi apresentada como a terra das chapadas, dotada de solos pobres e extensivamente gretados, habitada por agrupamentos humanos improdutivos, populações seminômades, corridas pelas secas, permanentemente maltratadas pelas forças de uma natureza perversa. Muitas dessas afirmativas, como se verá, são inverídicas e, sobretudo, fora de escala, constituindo o enunciado de fatos heterogêneos e desconexos, através de um processo de aproximações incompletas.

Primeira inverdade: o Nordeste seco não é o império das chapadas. Em 85% do seu espaço total, a região semi-árida brasileira se estende por depressões interplanálticas, situadas entre maciços antigos e chapadas eventuais, sob a forma de intermináveis colinas sertanejas, esculpidas em xistos e gnaisses, com baixo nível de decomposição química de rochas. Tais colinas, um tanto monótonas e certamente muito rústicas, sulcadas por rios e riachos intermitentes, estão sujeitas a climas quentes e relativamente secos. Inverno seco e quase sem chuva, com duração de cinco a oito meses, e verão chuvoso, com quatro a sete meses de precipitações pluviais, ir-





regulares no tempo e no espaço, de forma que os índices que buscam medir médias de precipitação guardam alta dose de irrealidade, servindo como mera referência genérica para efeito de comparação com as regiões úmidas e subúmidas do país.

Completa o quadro um revestimento baixo de vegetação — arbustivo-arbórea, ou arbóreo-arbustiva, e, muito raramente, arbórea — comportando folhas miúdas e hastes espinhentas, adaptadas para conter os efeitos de uma evapotranspiração muito intensa. Vegetação quase totalmente caducifolia — cinza-calcinada nos meses secos, exuberantemente verde nos chuvosos — com algumas intrusões de pleno xerofitismo, representado por diversas espécies ou comunidades de cactáceas: mandacarus, coroas-de-frade, facheiros, xique-xiques e outros cardos alastrantes. Uma flora constituída por espécies com longa história de adaptação ao calor e à secura do domínio semi-árido regional, porém incapaz de restaurar-se, sob o mesmo padrão de agrupamento, após escarificações mecânicas de seu suporte edáfico. As capoeiras de caatingas — os marmeleiros e os juremais — atestam as dificuldades de retorno da vegetação original, enquanto as áreas rasas usadas para a construção de estradas comprovam a rapidez de alastramento do xerofitismo e a irreversibilidade das condições dominantes a partir desse tipo de degradação.

**O** segundo ponto sobre o qual incidem grandes impropriedades diz respeito à presença extensiva de terras ressequidas e gretadas. Aqui, a noção de escala é a mais grave. Há uma enorme diferença entre a presença, no interior das “vazantes”, de um bolsão qualquer de argilas — chamado de várzea ou banhado no restante do Brasil — sujeito a gretas de contração, e a projeção deste fato local em espaços muito maiores. Na realidade, os terrenos que constituem a região semi-árida nordestina, em áreas de vertentes e interflúvios das colinas sertanejas, possuem uma complexa associação regional de solos, totalmente diversa de todas as outras associações existentes no país. Sua especificidade decorre da presença de solos igualmente distanciados tanto dos solos salinos típicos como dos excessivamente carbonáticos. Por outro lado, raramente se aproximam das características dos solos oxidados, que comportam concentrações de sesquió-



As grandes várzeas do Baixo Apodi-Mossoró, com solos argilosos salinos (“salões”), raras carnaubeiras e touceiras de cardos alastrantes (“xique-xiques”). Na foto menor aparecem solos gretados (“gretas de contração”), localizados em um bolsão de argila com certa taxa de salinidade, no meio da várzea do Baixo Apodi-Mossoró.

xidos de ferro e alumina (oxissolos, latossolos).

A despeito do caráter intermitente dos rios regionais, a drenagem extensivamente aberta para o mar impediu a formação em larga escala de solos verdadeiramente salinos, sobretudo nas vertentes e nos interflúvios. Os sais dissolvidos das rochas cristalinas (predominantes no substrato geológico local) são quase totalmente eliminados pelo fluxo das águas na estação chuvosa, havendo saída dos materiais solúveis para todos os quadrantes costeiros da região.

As argilas nobres (montmorilonitas), formadas pela pedogênese do ambiente semi-árido quente, são deslocadas para as planícies de inundação dos rios principais, enriquecendo vazantes e entranhando bancos de areia existentes no leito dos cursos d'água, o que torna possível seu aproveitamento por pequenas lavouras anuais durante os cinco ou sete meses em que as correntes d'água estão “cortadas”. A escassez de umidade e a pouca permanência, ao longo do ano, das águas no subsolo produzem um baixo nível de decomposição química das rochas, o que contribui para gerar mantos de solos descontínuos, alternados por cabeços rochosos e eventuais manchas de terrenos pedregosos. Por essa e muitas outras razões, os tipos de solos predominantes guardam nomes totalmente diversos em relação àqueles habitualmente conhecidos em regiões brasileiras sujeitas a associações de

calor e umidade. Os nomes técnicos dos solos das caatingas mais secas do interior do Nordeste servem para demonstrar tais fatos: solos litólicos (litosolos, esqueléticos), solos bruno não cálcicos (para-vertissolos), eventuais vertissolos típicos e manchas de planosolos solódicos e *solonetz* solodizados.

No conjunto do Nordeste seco, há mais perigo de salga da água dos grandes açudes do que de salga ou ampliação dos solos salinos, apesar da ocorrência restrita, em diversos sítios das caatingas, de solos halomórficos, representados por manchas de *solonetz* solodizados, bolsões de *solonchacks* e solos salinos costeiros, tais como os “salões” dos baixos vales do Rio Grande do Norte. Nestes, por entre tratos de várzea desnuda, medra apenas uma plantinha, o *perrichil*, indicadora do alto teor de sais. Em pleno recesso dos sertões, em setores de caatingas hiperxerófilas, aparecem topônimos locais significativos: rio “salgado”, terra “salgada”, “salgado” do melão, barreiros “salgados”, salobro, salitre, salinas — termos que valem mais pela exceção do que pela projeção espacial de suas áreas de ocorrência, medidas em geral em escala hectométrica, ou quando muito com um a dez quilômetros quadrados de extensão. Raramente situam-se entre dez e cem quilômetros quadrados, e a soma-tória das ocorrências ocupa percentual irrisório no grande domínio morfoclimático e geopedológico da caatinga.



**H**á muitos outros fatores que respondem pela marcante originalidade das terras do Nordeste seco, a começar pelo fato de que elas ocupam posição geográfica anômala, mais próxima do Equador do que dos trópicos. O ritmo do clima regional continua sendo, porém, tropical, com duas estações: uma muito seca, outra moderadamente chuvosa, cuja continuidade, porém, como vimos, está sujeita a fortes rupturas ao longo dos anos. Podem ocorrer anos muito secos e eventuais períodos de grandes chuvas, com inundações catastróficas. De outro lado, o Nordeste seco comporta-se como uma região subdesértica paradoxal, já que é extensivamente servido por redes hidrográficas hierarquizadas, com drenagem aberta para o mar. Através de caminhos os mais diversos, os rios regionais saem das bordas das chapadas ou dos castelos d'água de velhos maciços em abóbada (Borborema), percorrem as extensas depressões interplanálticas, quentes e secas, e acabam chegando diretamente ao mar ou engrossando as águas do São Francisco ou do Parnaíba, grandes rios perenes que cruzam ou tangenciam a região. Para a infelicidade dos grupos humanos ali residentes, o funcionamento hidrológico de todos os rios que nascem e correm dentro dos limites da área nuclear do domínio dos sertões depende do ritmo das estações de seca e de chuvas, o que torna seus cursos d'água intermitentes e sazonais. Das cabeceiras até as proximidades do mar, os rios autóctones do domínio semi-árido nordestino permane-

cem secos por cinco a sete meses do ano. Apenas o canal principal do São Francisco mantém sua correnteza através dos sertões, com águas trazidas de outras regiões climáticas e hídricas, funcionando, portanto, como rio alóctone.

Não fora, no entanto, o caráter aberto das redes hidrográficas intermitentes do Nordeste seco, as consequências para a formação de solos inadequados seriam muito maiores, com a possibilidade de formação de terrenos extensivamente salinos ou carbonáticos. Por outro lado, por mais de meio milhão de quilômetros, os espaços colinosos dos sertões secos têm um nível de corrugosidade ou de amplitude topográfica que não permite projetos de irrigação convencionais nas vertentes e interflúvios. As verdadeiras planícies suscetíveis de irrigação não perfazem mais do que 2% do espaço total, sendo entremeadas por espaços colinosos rústicos, onde numerosos grupos humanos vivem seu velho e rotineiro drama. Nessa conjuntura, a somatória dos projetos de irrigação não passa de uma gota d'água no oceano dos problemas regionais.

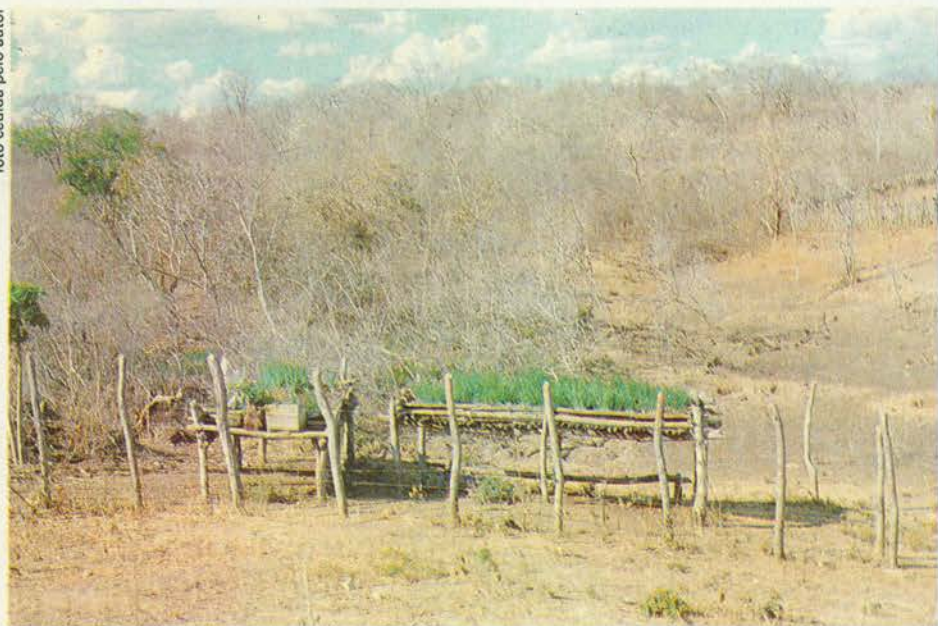
**A** compreensão do significado do conceito de espaço regional é essencial para alguém interessado na problemática nordestina. Incluindo os agrestes — região de transição climática e contatos ecológicos entre a zona da mata e o domínio extensivo das caatingas —, o Nordeste semi-árido é um território físico, ecológico e antropogeográfico da ordem de três a quatro vezes a do estado de São Paulo. O

nível de interiorização do ambiente sertanejo atinge centenas de quilômetros (em muitos casos, de 600 a 700 quilômetros), desde os limites com a zona da mata até os sertões mais distantes, ou desde a praia até o chamado “alto sertão”, ou ainda desde o Rio Grande do Norte até o sul-sudeste do Piauí. Em sua área nuclear, o Nordeste semi-árido estende-se em seu eixo sul-norte por um espaço que vai desde Poções e Milagres, no município de Amargosa (BA), até o extremo noroeste do Ceará, atingindo a costa em largos setores deste estado e do Rio Grande do Norte.

Quando os engenheiros da antiga Inspetoria de Obras contra as Secas introduziram a noção de “polígono das secas”, estavam realizando a própria delimitação grosseira da área nuclear do domínio morfoclimático, fitogeográfico, hidrológico e geocológico dos sertões secos. Ali, o balanço da evapotranspiração é predominantemente negativo durante um intervalo da ordem de seis a nove meses por ano. O excesso de calor descompensa o nível e o volume das precipitações estacionais até fazer secar os cursos d'água à chegada da estação sem chuvas ou com muito pouca chuva. À medida que as chuvas cessam, os restos de água existentes no solo se evaporam, rápida e progressivamente. Os lençóis d'água subsuperficiais se aprofundam até que os extremos dos rios passam a alimentar os lençóis mais próximos de seus leitos.

A área de extensão principal da semi-aridez no Nordeste situa-se em depressões interplanálticas. Os altos sertões típicos são todos aqueles que de alguma forma se encontram embutidos entre chapadas ou largos desvãos de maciços antigos (Ceará, Paraíba, Pernambuco/Bahia, médio/inferior São Francisco, sul-sudeste do Piauí). Existem, no entanto, várias exceções locais, que ocupam menor espaço e representam variações em torno do modelo. É o caso, por exemplo, da Borborema, onde o ambiente seco se estende desde as encostas de um velho maciço sobrelevado — de oeste para leste — e se esparrama por áreas centrais de rebaixamento do próprio planalto de estrutura complexa. Ou ainda, o caso de um setor de “sombra de chuva” (sotavento) de uma chapada alta, em que padrões de caatingas, adaptados a um clima semi-árido montano, instalaram-se num setor da chã do próprio planalto sedimentar (carrascos do Araripe Ocidental). Há também o caso em que o reverso da chapada é tão bai-

foto cedida pelo autor



Estratégia de sobrevivência no sertão: hortaliças cultivadas em giraus, em plena estação seca, no meio de caatingas arbustivas situadas nos arredores de Quixeramobim (CE).









Um dos mais belos conjuntos de *inselbergs* de todo o Nordeste seco, cercado pelas caatingas arbustivo-arbóreas do sertão de Quixadá (CE).

Tudo isso comprova que as depressões interplanálticas são os espaços semi-áridos mais típicos e representativos, do ponto de vista físico e ecológico, do domínio semi-árido nordestino. Todas elas, por sua vez, são heranças de uma longa história fisiográfica, comportando-se como remanescentes de uma vasta rede de planícies de erosão, elaborada entre fins do Terciário e início do Quaternário. Essas aplainações imensas, desenvolvidas entre chapadas e maciços antigos, são como que o "paleoespaço" dos sertões secos. Trata-se, aliás, de um tipo de velho espaço facilmente delimitável pela análise da atual compartimentação topográfica regional. Na sua primeira fase de elaboração, enquanto os compartimentos interiores eram rebaixados e aplainados por erosão, as grandes massas de detritos removidos eram depositadas na faixa sublitorânea antiga, onde hoje estão as camadas do grupo Barreiras, nos tabuleiros costeiros no Nordeste Oriental. Os aplainamentos se fizeram por mecanismos de arrasamento de solos e plainações laterais. São processos de erosão complexos e agressivos, designados por nomes técnicos pouco rotineiros: *ektaplanização* e *pediplanação*.

As aplainações dos fins do Terciário pouparam massas de rochas resistentes, dando origem a *inselbergs* (serrotes) e cristas alongadas, algumas das quais cruzadas por gargantas (boqueirões). Es-

ses, aliás, os únicos acidentes remanescentes a quebrar a monotonia relativa dos vastos estirões das colinas sertanejas. Alguns agrupamentos de *inselbergs*, como os de Patos (PB), os de Quixadá (CE), os do nordeste do Ceará ou ainda os de Milagres (no município de Amargosa, BA), constituem-se em paisagens monumentais, dotadas de marcante individualidade. Para o interior do domínio semi-árido, elas possuem o mesmo significado paisagístico dos pontões rochosos e dos pães-de-açúcar que despontam acima do nível dos morros florestados do Brasil tropical atlântico (Rio de Janeiro, Espírito Santo, nordeste de Minas Gerais). De certa forma os *inselbergs* são parentes dos pães-de-açúcar: nos períodos de incidência de climas secos em áreas hoje muito úmidas, os atuais pães-de-açúcar foram *inselbergs*. Por oposição, em velhas fases úmidas que precederam as aplainações dos fins do Terciário, alguns dos atuais *inselbergs* que pontilham os sertões secos podem ter sido pães-de-açúcar.

Uma palavra deve ser dita sobre as gargantas que cruzam as cristas quartzíticas em diversos pontos do Nordeste interior. Muitos dos principais rios da região nascem sobre coberturas sedimentares e encontram depois os complexos substratos rochosos situados abaixo delas. São ditos rios epigênicos ou superipostos, cuja posi-

ção é herança de um quadro geológico e estrutural que hoje não existe mais nesses locais. Formam, portanto, os chamados *water gaps*, similares aos da região apalachiana, nos Estados Unidos, onde o esquema de superposição hidrográfica foi percebido pela primeira vez. Rios intermitentes estacionais atravessam as gargantas que, em diversos setores do Nordeste interior, cruzam as cristas apalachianas isoladas. Tal situação implica dizer que, por muitos meses, os citados *water gaps* permanecem sem a presença da correnteza d'água. Em contrapartida, existem outros tipos de gargantas, em geral menos profundas, que seccionam cristas de rochas duras, não servindo de passagem para qualquer tipo de curso d'água regional. Nesse caso, trata-se de *wind gaps*, conforme o conceito estabelecido pelos geomorfologistas norte-americanos.

Os grandes boqueiros dos sertões secos foram férteis em sugestões para toda uma geração de tecnocratas do passado, dedicados a projetos de construção de barragens, à altura desses *water gaps*, para criar reservas d'água em diversas áreas. Na maioria dos casos, pensou-se em soluções cômodas de engenharia, mas não se cuidou de verificar se existiam várzeas para irrigação a jusante dos grandes açudes. Começaram aí os primeiros ensaios de faraonismo estéril, totalmente impotente para resolver os grandes problemas regionais.



# A ORIGINALIDADE DO HOMEM

A mais grave e repelente falácia sobre o Nordeste seco ocorre quando se fala em ensinar o nordestino a conviver com a seca. Trata-se de atitude pretenciosa que atinge em cheio a dignidade de uma das populações rurais mais briosas e sofridas de todo o país. Habita ali a mais importante massa de camponeses residentes do Brasil, distribuídos pelas faixas de transição climática (“agrestes”), os pequenos celeiros de produção agrícola (“brejos”) e as grandes extensões de pecuária pobre e extensiva. Mais do que qualquer outro contingente demográfico do nosso interior, esta população forma um povo e uma cultura, amarrados à rusticidade da vida econômica e social nas caatingas. Encontramos ali uma centenária cultura popular de raízes lingüísticas centradas em fundamentos ibéricos e aperfeiçoadas ao calor das forças telúricas e ameríndias, em um ambiente físico e humano que não reservou lugar para os fracos e acomodados.

O homem do sertão tem particular intuição para as forças telúricas. Os sinais longínquos das trovoadas, que anunciam chuvas. A chegada da estação das águas, chamada “inverno”. O rebrotar da folhagem em todas as caatingas. O retorno das águas correntes dos rios, ao ensejo das primeiras chuvas. O conhecimento das potencialidades produtivas de cada pequeno espaço dos sertões, desde as vazantes do leito dos rios até os altos secos e pedregosos das colinas sertanejas. Mas muitos desses homens nada têm de seu; outros, são mera força de trabalho para os donos das terras.

A especificidade dos problemas humanos e sociais do Nordeste seco está diretamente relacionada ao balanço entre o *quantum* de humanidade que a região precisa alimentar e manter e as potencialidades efetivas do meio físico rural, dentro dos padrões culturais de sua população e dos limites impostos pelas relações dominantes de produção. A ronda da fome in-

cide exatamente sobre a digna parcela constituída por todos os tipos de trabalhadores sem terra. Esta frágil posição do principal segmento da força de trabalho dos sertões — identificado como a maior reserva de mão-de-obra braçal das Américas — cria uma aura de sobreviventes para todos os componentes de uma sociedade constituída de vaqueiros e camponeses.

O Nordeste seco segue tendo muito mais gente do que as relações de produção ali imperantes podem suportar. As secas espasmódicas que assolam a região criam descontinuidades forçadas na produção rural e conduzem a um desemprego maciço dos que não têm acesso à terra, relegando-os à condição potencial de retirantes. Sem emprego e pão ninguém pode conviver com as vicissitudes de uma natureza rústica. Do ritmo irregular e imprevisível dos anos secos dependeu a desgraça de dezenas a centenas de milhares de sertanejos, no imenso espaço das caatingas, verdadeira “periferia” pobre da zona da mata, onde se localizam os principais centros urbanos, pólos de desenvolvimento e de controle político-administrativo.

Alta fertilidade humana, forte seleção biológica e ausência de oportunidades de emprego para os sem-terra teriam que ocasionar o apelo à migração, numa desesperada luta pela sobrevivência. Assim, a grande região seca brasileira passou a ter o papel histórico de fornecer mão-de-obra barata para quase todas as outras regiões detentoras de algum potencial de emprego. Nordestinos de todos os recantos mobilizaram-se nas mais variadas direções, seguindo a vaga de cada época. Para a Amazônia, nos fins do século passado e inícios do atual. Para São Paulo desde a década de 1930. Para Brasília nos anos 60. Para o norte do Paraná e São Paulo por todo o tempo, sobretudo depois da construção da estrada Rio-Bahia. Finalmente, para o norte de Goiás, as margens da Belém-Brasília, a Transamazônica e o sul do Pará, nos anos

70. De uma situação-limite para a própria vida — que é a do remoto fundo dos sertões — na direção de outra margem de humanidade, representada pela imensidão florestal da Amazônia super-úmida, sob condições precárias de segurança, vida e trabalho.

Os períodos de crises climáticas vêm sendo os mais críticos no apelo ao abandono da região. As recentes “frentes de trabalho” — testadas e contestadas — têm tido o efeito de reduzir a expulsão da força de trabalho para outras áreas do país, mas não se imaginaram ainda fórmulas de aproveitamento mais efetivo do potencial de trabalho existente, a favor do desenvolvimento regional. Os planos governamentais de prevenção às conseqüências das secas têm sido relativamente impotentes e pouco eficazes para atender à sociedade sertaneja como um todo. E, sobretudo, para fixar os sertanejos em condições auto-sustentáveis de trabalho, elevando seu padrão de vida e *status* social. Há que conquistar a confiança da brava gente do sertão na base de uma injeção mais direta de recursos, sob a força de boas idéias e de propostas de uma economicidade mais garantida, sem apelo

aos faraonismos residuais ou a tecnologias de emprego pontual e problemático.

O Nordeste segue sendo o grande produtor de homens. O caráter predominantemente rural da sua população, lado a lado com as altas taxas de densidade demográfica e a exiguidade dos espaços propriamente agrícolas, responde por uma inegável fragilidade infra-estrutural da economia regional. Nem mesmo o apelo à exploração mineral, hoje vista como uma saída parcial, tem força para resolver os graves problemas que afetam a região. Há que pensar em módulos rurais mais passíveis de serem manejados, incluindo pecuária e agricultura, ampliação de culturas secas e, sobretudo, um melhor manejo da tecnologia da água para as águas de vertentes e de interflúvios. Há que repensar a propriedade individual e fazer testes bem-encaminhados com propriedade coletiva de glebas. É preciso ainda adotar padrões mais polivalentes de produção, de modo a garantir a continuidade da produção rural em todos os tipos de tempo. E não dar tréguas às oligarquias locais, imbatíveis na sua maciça insensibilidade humana.



Meninos aguadeiros, realidade típica dos sertões secos. O drama da água e o da pobreza fazem com que desde cedo a mão-de-obra infantil se incorpore ao mundo do trabalho.



Muito mais importantes do que os meros acidentes topográficos, de grande expressão paisagística e pequeno significado para a produtividade, são as ocorrências, em diversos pontos dos sertões secos, de “ilhas de umidade” e solos férteis. Estamos nos referindo aos “brejos” locais, ou paisagens ditas “abrejadas”, que conseguem quebrar a monotonia das condições físicas e ecológicas dos sertões secos, enriquecendo a produtividade agrária local. Na cultura popular dos sertões é costume reconhecer-se por “brejo” qualquer subsetor mais úmido existente no interior do domínio semi-árido, isto é, qualquer porção de terreno dotada de maior umidade, solos de matas e filetes d’água perenes ou subperenes, onde é possível produzir quase todos os alimentos e frutas peculiares aos trópicos úmidos. Um “brejo”, por essa razão mesma, é sempre um enclave de tropicalidade no meio semi-árido: uma ilha de paisagens úmidas, quentes ou subquentes, com solos de matas e sinais de antigas coberturas florestais, quebrando a continuidade dos sertões revestidos de caatingas. É evidente que isso só ocorre em determinados sítios, como serras e encostas de maciços que captam a umidade de barlavento, piemontes com acumulações detriticas retentoras de água, agrupamentos de nascentes ou fontes (designadas “olhos d’água”), encostas ou sopés de escarpas, bordas de chapadas, bolsões aluviais de planícies alveolares (“baixios”) e setores de vales bem arejados por correntezas de ar marítimo (“ribeiras” e vales úmidos).

Propus em 1955 (Garanhuns, PE) a primeira tipologia de sítios de “brejos” para o Nordeste seco, que destacava: “brejos” de cimeira ou de altitude (Triunfo, Garanhuns e Serra Negra, PE); “brejos” de encostas ou vertentes de serras ou maciços antigos (Sudeste da Borborema, AL e PE; Baturité oriental, CE); “brejos” de piemonte ou de pé-de-serra (Frecheirinha, CE; Alagoa Grande, PB; Buíque, PE; Oliveira dos Brejinhos, BA); “brejos” de vales úmidos ou de ribeiras (vales úmidos do Rio Grande do Norte e do Ceará; Ribeira do Pombal, BA); “brejos” de olhos d’água, em situação coalescente (Cariris Novos e Baturité oriental, CE; Borborema oriental, entre Areia e Alagoa Grande, PB).

O estudo dos brejos tem importância científica e social. A ninguém é dado desconhecer seu papel de celeiro no entremeio dos grandes espaços secos dos



sertões nordestinos. Doutra parte, a visualização do quadro dos “brejos” nordestinos em face dos sertões secos serviu como chave na interpretação paleoclimática e paleoecológica dos quadros paisagísticos que predominaram no Brasil durante os períodos secos do Pleistoceno.

Na linguagem nordestina mais arcaica, a expressão “brejo” parece ter sido utilizada na acepção vernácula de “solos pantanosos ribeirinhos”, “terrenos ribeirinhos encharcados d’água”, “áreas de solos pantanosos marginais ao rio”, ou ainda de “setores de planícies aluviais, encharcados e ricos em matéria orgânica”. Nas grandes planícies aluviais dos baixos rios nordestinos, o termo “várzea” era aplicado ao conjunto, enquanto o termo “brejo” era usado para o detalhe. Na zona da mata oriental do Nordeste, predominou o termo “várzea” para as largas planícies dos baixos rios regionais. Aí a floresta se estendia por todos os compartimentos do terreno: das várzeas aos baixos terraços, e desses até as vertentes dos morros baixos e encostas de tabuleiros.

Nos sertões mais interiores, em pleno domínio das caatingas, a expressão várzea cedeu lugar para o termo vazante, que descrevia exatamente a faixa de terrenos ribeirinhos abrangidos pela rápida ascensão das águas no período chuvoso do ano. *Vazante* é o que vaza, que

extravaza, que transborda. Trata-se de um termo dotado de grande capacidade de evocação, aplicável à rotina da dinâmica hidrológica dos sertões secos. Originalmente, ao longo das vazantes, existiam résteas de matas ciliares entremeadas lateralmente de campos gramíneos e agrupamentos de palmáceas (carnaubais). Quando as margens das planícies aluviais ou as encostas baixas das colinas sertanejas eram dominadas por solos arenosos pouco férteis, aplicava-se o termo “arisco” para designar esse outro tipo de ecossistema dos terrenos ribeirinhos. Segundo Taunay, arisco provém de “areiusco”, fato que demonstra a acuidade prática do sertanejo em reconhecer diferentes tipos de terrenos, seguindo uma empírica percepção geoecológica. A significação dos “ariscos” no domínio das caatingas é semelhante à das “veredas” no domínio dos cerrados.

Nas terras mais interiores do Ceará, a expressão “baixio” foi usada para designar planícies alveolares e pequenas calhas aluviais, originalmente florestadas, dotadas de fertilidade quase permanente. Os “baixios” ficam via de regra próximos de serranias, escarpas ou encostas de chapadas e maciços antigos, possuindo o caráter de projeções de planícies de pé-de-serra no interior de colinas sertanejas. As planícies mais largas e contínuas existentes no núcleo



À esquerda, rebordos festonados da chapada de São José do Moxotó, entre Buique e Arco-verde (PE). Topografias runeiformes incipientes em morros testemunhos. Caatingas arbóreas, terrenos abrejados, brejos e pastagens artificiais. Abaixo, savanas com carnaúbas.



fotos cedidas pelo autor

principal destas colinas — longe das serranias — eram designadas novamente de vazantes, o que parece significativo. Trata-se de topônimos indicadores de fatos fisiográficos similares, no mesmo espaço, sob diferentes ordens de grandeza. Os sertanejos tiveram mais facilidade para dominar os baixios, aproveitando sua fertilidade para o estabelecimento de culturas anuais e fruteiras (banana, manga, coco). Só mais recentemente as grandes vazantes vêm sendo trabalhadas por projetos de irrigação, implantados sob a responsabilidade de órgãos governamentais.

O roteiro de aplicação da expressão “brejo” no espaço sertanejo parece ter sido bem mais complicado. De início, o tema foi usado para designar planícies alveolares encharcadas, existentes em serras úmidas sob a forma de “vales suspensos”, cujo exemplo remanescente é o da serra do Baturité. Posteriormente, ela passou a abranger todos os tipos de terrenos que constituíam o próprio maciço serrano, onde ocorriam solos vermelhos profundos, dotados de bom teor de umidade, clima quente e úmido, com precipitações muito maiores do que a dos sertões adjacentes. Na visão dos sertanejos, acostumados com o chão duro de seu espaço natal, parece ter havido uma certa associação de idéias entre aluvião

encharcado e solos molhados de vertentes de serras úmidas. De qualquer forma, é difícil precisar desde quando o termo “brejo” se projetou para todo um subconjunto de paisagens e de ecossistemas relacionados às “serras úmidas”, passando a designar áreas que podem atingir dezenas ou mesmo centenas de quilômetros quadrados de extensão, como no caso de Baturité ou do Brejo Paraibano. O fato é que esse nome se refere hoje a diferentes tipos de sítios: cimeira e porções centrais de maciços antigos, sobreelevados em relação aos sertões ou aos agrestes (“serras úmidas”); piemonte de escarpas e encostas de maciços e serras voltados para ventos úmidos (vertentes de barlavento); ribeiras e setores de vales bem orientados perante ventos úmidos marítimos; encostas úmidas acrescidas de agrupamento de “olhos d’água” — além de numerosas outras situações combinadas.

Os “brejos” são fundamentais para a produção de alimentos no domínio dos sertões, como mostra qualquer apanhado sobre a origem dos produtos comercializados nas feiras locais ou dos agrestes. De certa forma, o vigor e o sucesso das feiras nordestinas são o próprio termômetro da produtividade dessas áreas, cujos solos de mata deram origem à formação dos primeiros celeiros fornecedores de alimentos baratos e de uso tradicional no amplo espaço sertanejo. O

transporte a baixo custo, feito no lombo de jegues, aliado à baixa expectativa de lucro dos camponeses brejeiros, garantiu uma comercialização com níveis toleráveis de preços para as populações. A carne verde de gado ou de animais de pequeno porte é quase sempre proveniente de todos os sertões, mas o restante do necessário à alimentação do povo sertanejo provém dos pequenos espaços, muito férteis, dos brejos que pontilham os sertões. Dali saem a mandioca e a farinha, o feijão, uma parte do café, um sem-número de frutas, além da rapadura e da aguardente, subprodutos de pequenas plantações de cana-de-açúcar. Existe, até mesmo, uma pequena zona cafeeira nos brejos de grotões de Garanhuns, enquanto a maior parte da bananicultura e boa parte da horticultura do Ceará se alojaram nos brejos de serra, competindo ali com os espaços tradicionais das lavouras anuais.

O conceito de “agrestes” é bem mais complexo do que o de “brejos” na geografia dos espaços ecológicos do Nordeste. Em termos muito genéricos, os “agrestes” constituem-se em uma faixa de transição climática, sob a forma de tampão, entre a zona da mata oriental do Nordeste e os imensos espaços dos sertões secos. Não é uma faixa muito larga, tampouco muito homogênea, comportando, do ponto



de vista topográfico, uma grande variedade. Nos agrestes chove mais do que nos sertões, porém bem menos do que na zona da mata. A estação seca é quase tão prolongada quanto a dos sertões. Na cobertura vegetal dos agrestes predominava vegetação de caatingas arbóreas, com eventuais inclusões de matas secas. Por outro lado, em alguns agrestes mais complexos existem setores abrejados, ao lado de verdadeiros “brejos”, como é o caso da região de Garanhuns.

Os terrenos dos agrestes podem ser mais diretamente reconhecidos pela presença de uma paisagem de estruturação tradicional do que pelos remanescentes de sua natureza primária. Suas paisagens refletem, por sua vez, uma estrutura agrária onde pecuária e agricultura procuram conviver nas mesmas glebas, tornando mais seguro o balanço da produtividade rural. As longas cercas-vivas de aveloses, presença certa nas paisagens de todos os agrestes, refletem a necessidade de separar os terrenos de cultivo em relação às glebas ou subglebas de pastoreio. Trata-se de uma paisagem que reflete um sistema agrário de longa duração, gerado num ambiente de transição climática e ecológica. Zona de propriedades de porte pequeno e médio, os agrestes se constituem na região mais povoada e de economia rural mais equilibrada de todo o interior do Nordeste.

Por muito tempo, quando no Nordeste se falava em “serra” tratava-se sempre das “serras úmidas”, expressão artificial introduzida há pouco tempo pelos geógrafos. Se foi necessário destacá-las do conjunto geral das serranias nordestinas, certamente existem também “serras secas”, cuja omissão dá bem a medida de sua pouca importância em termos de ocupação humana e de produtividade. Nas serras secas estão os piores padrões de caatingas, os solos mais rochosos, os espaços menos factíveis de incorporação aos espaços econômicos. O certo é que existe todo um conjunto de serras e montanhas, não muito elevadas e, em todos os casos, mal colocadas em relação à captação de umidade, que se integram entre os tecidos geocológicos mais repulsivos dos sertões.

A despeito de tudo isso, o melhor entendimento e diferenciação das serras secas ainda aguarda uma tipologia. Dando a estas áreas tratamento igual ao que dedicamos aos brejos, sugerimos, muitos anos atrás, o reconhecimento dos seguintes tipos de subconjuntos montanos existentes no domínio das caatingas: cristas de quartzito e itacolmito da Borborema Ocidental (serra dos Ferros, entre Juazeiro e Patos); cristas quartzíticas dos relevos apalachianos isolados dos sertões nordestinos (serra dos Bastiões, CE; serra de Santa

Catarina, PB; serra do Boqueirão, BA); maciços graníticos do interior dos sertões (serra de Queimadas, PB; Borborema oriental, na face norte da serra de Teixeira, PB; serranias fronteiriças entre o Ceará e a Paraíba); boqueirões em travessia de escarpas estruturais, sob a forma de *percée de cuesta* (boqueirão do Poti, entre Crateús e Oiticica, CE); e, finalmente, todos os serrotes e grandes pedras dos sertões secos, enquadráveis na categoria de *inselbergs* (Milagres-Amargosa, BA; Patos, PB; Quixadá-Quixeramobim, CE; Pau dos Ferros, RN). Cristas, *inselbergs* e maciços graníticos têm sido pontos de referência monumentais na paisagem dos sertões secos. Existem razões para que alguns deles sejam transformados em parques nacionais ou centros de atração turística, a fim de que todos os brasileiros possam ter melhor acesso à vivência com os grandes problemas dos sertões secos, que não se deixam compreender à distância.

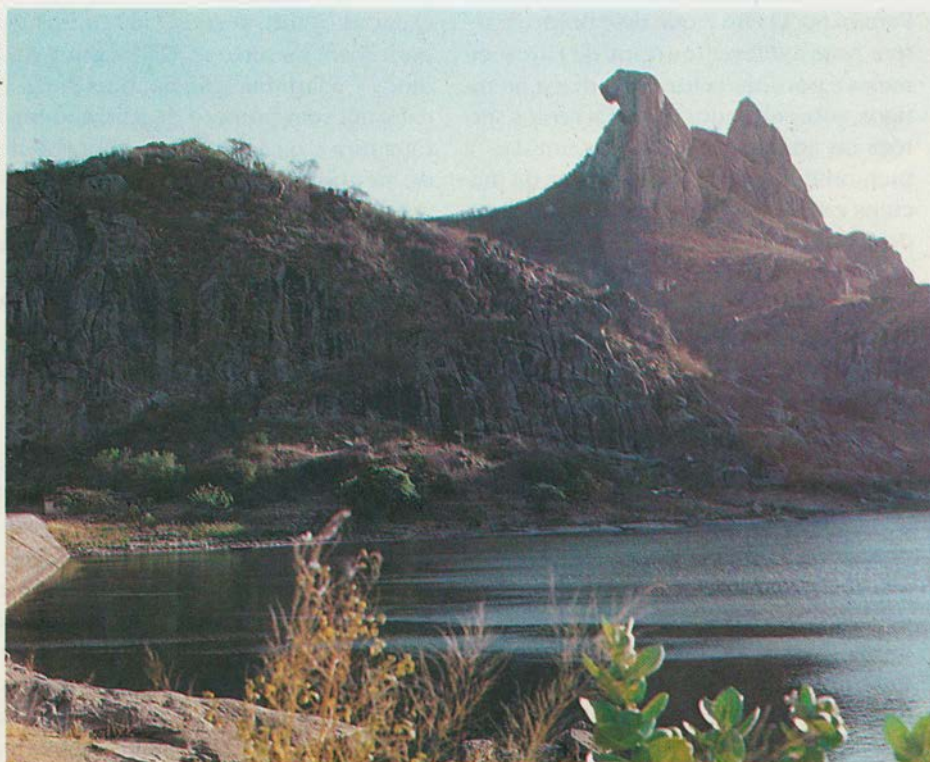
O começo das soluções mais substanciais para os problemas do homem e da sociedade no domínio dos sertões dependerá do nível de conhecimento da realidade regional. Não adiantam idéias “salvadoras”, elaboradas por uma mentalidade burguesa e distante, destinada quase sempre a alimentar argumentos dos demagogos e triturar recursos que deveriam ter destino social mais generoso. A causa do sertão do Nordeste merece — nada menos, nada mais — uma verdadeira cruzada da inteligência brasileira. Sem embarcar em modismos elitistas e insinceros.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- MOREIRA G. G. N., “Relevo (região Nordeste)”, in *Geografia do Brasil*, segundo vol., Rio de Janeiro, FIBGE, 1977.
- MAIO C. R. e DOMINGUES G. J. P., “Litoral e interior”, in *Geografia do Brasil, grandes regiões*, terceiro vol., Rio de Janeiro, FIBGE, 1962.
- CRANDALL R., *Geografia, geologia, suprimento d’água, transporte e açudagem nos estados orientais do Nordeste do Brasil (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba)*, Rio de Janeiro, IFOCS, 1910.
- University of Tsukuba, *Natural environment and land use in Northeast Brazil*, Centro de Estudos Latino-americanos da Universidade de Tsukuba, Japão, 1984.
- VASCONCELOS SOBRINHO J., *As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização*, Recife, Condepe, 1971.
- TRICART J., *As zonas morfoclimáticas do Nordeste brasileiro*, Salvador, Universidade da Bahia, 1959.

foto cedida pelo autor



O açude do Cedro, no entremeio dos *inselbergs* do maciço granítico de Quixadá (CE). Perfil da pedra denominada Galinha Choca, caso típico de vertente pendente em *inselberg* do sertão nordestino. Vertentes rochosas com caneluras e vegetação especializada (geótopo).



## A CHUVA QUE NÃO QUEREMOS

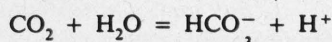
A sociedade moderna inventou um paradoxo cruel. Ela precisa acelerar o desenvolvimento industrial para atender às necessidades do aumento da população. Mas, por outro lado, esta industrialização acelerada pode causar prejuízos irremediáveis ao meio ambiente. Precisamos da industrialização e, ao mesmo tempo, devemos temê-la. Industrialização e poluição parecem ser o verso e reverso de uma mesma moeda. O processo de controle da poluição pelo Estado mostrou-se difícil de realizar por causa dos conflitos constantes com os segmentos sociais envolvidos na geração de poluentes. Hoje, um leitor de jornal medianamente informado já ouviu falar sobre o 'efeito estufa' ou sobre a diminuição da camada protetora de ozônio da atmosfera. Agora, um novo tipo de poluição chama a atenção: a chuva ácida.

Este fenômeno tem um poder letal. Seus danos ecológicos são terríveis. A chuva ácida pode praticamente exterminar a vida aquática. Os peixes são muito sensíveis às mudanças do nível de pH (grandeza que mede a acidez) no meio ambiente em que vivem e não resistem a níveis inferiores a 4,5. Também a vegetação de bosques e florestas sofre sérios danos. Em condições normais, os bosques concentram a acidez da chuva de duas a quatro vezes. Se, antes de cair sobre o solo, a acidez da chuva já é elevada, esta concentração nos bosques passa a ter efeitos terríveis: a cera protetora das folhas é destruída, as raízes mais finas ficam abaladas. Além disto, o alumínio, o cálcio, o magnésio, o sódio e o potássio são carregados do solo, bactérias fixadoras de nitrogênio são eliminadas e a formação do húmus é alterada. O húmus é um agregado orgânico que fixa elementos nutrientes e os cede segundo as necessidades do solo. Todos estes fatores diminuem a fertilidade das terras agrícolas e os bosques morrem lentamente.

A chuva ácida está sendo estudada há pouco tempo. Os países escandinavos foram os primeiros a relacionar a combustão de fósseis com a acidez da chuva, nos anos 50, através dos trabalhos de H. Rodhe (da Universidade de Estocolmo) e A. Darmerig. E rapidamente os dois pesquisadores descobriram que havia alguma relação entre a diminuição do pH da água e o decréscimo da população de peixes na região nórdica. Em 1969, a situação chegou a tal ponto que os governos de vários países re-

solveram fazer um levantamento geral da acidez da chuva no norte da Europa. Logo se verificou que os ventos habitualmente transportavam poluentes produzidos na Inglaterra e na Alemanha Ocidental para a Suécia e a Noruega. Apenas para se ter uma idéia da gravidade da situação, ficou demonstrado que, no sul da Noruega, numa área de 13.000 km<sup>2</sup> não havia mais peixes e noutros 30.000 km<sup>2</sup> observou-se uma drástica diminuição da vida aquática. E o que é pior: a qualidade da água para consumo estava afetada. Como era de se esperar, as conclusões deste levantamento causaram apreensão e, em 1979, 34 países europeus assinaram uma convenção para efetivar as primeiras medidas de controle desta poluição de largo alcance. Em 1983, a convenção ganhou a adesão da União Soviética, dos Estados Unidos e do Canadá.

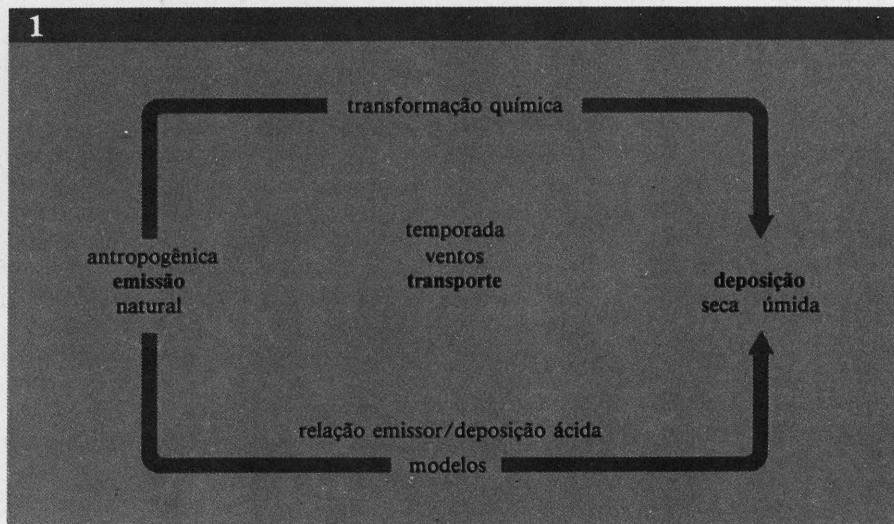
Conhecidos os seus efeitos devastadores, é preciso cuidado ao definir o que vem a ser chuva ácida. O fenômeno não ocorre, como parece à primeira vista, na forma de uma precipitação que apresenta pH ácido. A água pura, em equilíbrio com o anidrido carbônico atmosférico, não é neutra. Ao contrário, ela é ligeiramente ácida (pH 5,6) porque a dissolução de CO<sub>2</sub> produz um excesso de prótons na solução:



Em 1982, a Câmara Internacional de Comércio, reunida em Paris, no propósito de elaborar uma definição legal para a chuva ácida preferiu falar em "fenômeno no qual emissões poluentes de uma área, principal-

mente óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), produzidas por fontes antropogênicas e/ou naturais, são transportadas a longa distância, cruzando fronteiras nacionais, até atingir áreas receptoras, onde se depositam em forma úmida ou seca" (figura 1). A definição serve para expor uma das características da chuva ácida: trata-se de um fenômeno que se produz a longa distância. Alguma coisa acontece numa região que torna muito mais ácida do que o normal a água que, a léguas e léguas dali, se precipita sob a forma de chuva, causando inúmeros transtornos ao meio ambiente, inclusive violentos prejuízos à agricultura e pecuária.

Esta 'alguma coisa' tanto pode ser resultado da ação humana quanto de certos fenômenos naturais. Uma erupção vulcânica, por exemplo, produz óxidos de enxofre e nitrogênio em quantidades suficientes para aumentar a acidez da água. O mesmo acontece na decomposição anaeróbica dos compostos orgânicos ou ainda numa descarga violenta de relâmpagos. A ação da natureza, porém, não seria suficiente para tornar catastróficos os efeitos no meio ambiente. Como de hábito, é a atividade humana a principal responsável pelo alerta que a comunidade científica internacional vem emitindo. Usinas termoeletricas, fundições não-ferrosas, refinarias de petróleo, fábricas de ácido sulfúrico, todas estas indústrias são produtoras de óxido de enxofre em quantidades significativas. E os motores a combustão deixam no ar um grande volume de óxido de nitrogênio. ►





Não basta, porém, determinar as causas deste perigoso aumento de acidez na água. Ainda resta uma questão importante: como é que se produz a chuva ácida? Desta resposta depende a adoção de medidas preventivas adequadas. O que acontece hoje é que uma região sofre os efeitos sinistros de uma poluição 'produzida' muito longe dali. Quando estão em jogo países diferentes, a chuva ácida pode, a longo prazo, detonar um constrangimento diplomático de sérias proporções. Por isto o maior desafio para os cientistas é exatamente relacionar a quantidade de óxido emitida numa certa região e o nível de acidez encontrado em outra. Um importante resultado obtiveram Oppenheimer e seus colaboradores, nos Estados Unidos, quando relacionaram a deposição de  $\text{SO}_2$  em oito áreas demarcadas, em quatro estados diferentes, com as emissões de dez fundições não-ferrosas localizadas muito longe dali. Estes cientistas mediram a variação anual das emissões e deposições ao longo de um período de quatro anos. E descobriram uma relação linear, de um para um, entre emissão e deposição.

Resta ainda determinar a cadeia de reações químicas entre a emissão dos óxidos e a deposição da acidez. Sabe-se que nestas reações há uma influência decisiva das condições meteorológicas. A formação de grandes tempestades depende da conjunção de inúmeros fatores. De uma área a outra, tudo pode mudar de acordo com a velocidade dos ventos e a configuração do terreno. Com tantas variantes, não é fácil estabelecer uma relação quantitativa entre o centro emissor e o nível de deposição de acidez no centro receptor. Com uma agravante: esta deposição não se dá apenas sob forma úmida, mas ocorre igualmente na forma seca.

Se considerarmos que o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) é um dos principais subprodutos da combustão do carvão que contém enxofre, a primeira etapa seria a transformação do dióxido em trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ). Para que isto ocorra, um reagente é indispensável: o ozônio, que serve para produzir radicais do tipo hidroxila e para oxidar a água atmosférica, tornando-a oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), ou ainda para atuar diretamente sobre o  $\text{SO}_2$ . Na presença da água, o  $\text{SO}_3$  se transforma em ácido sulfúrico, um componente essencial da chuva ácida porque se mistura com água em todas as proporções (figura 2).

Há ainda um mistério em torno da deposição ácida seca de tipo sulfático. Não

se desvendou com precisão a série de reações químicas de que resulta o sal do ácido sulfúrico. Os pesquisadores consideram, porém, que algo semelhante ao processo de produção do óxido de enxofre ocorre também na produção dos óxidos de nitrogênio. Neste caso, tem-se como ponto de partida o trióxido de nitrogênio, que passa por reações oxidativas similares até a formação do dióxido de nitrogênio e, conseqüentemente, do ácido nítrico, outro componente importante da chuva ácida.

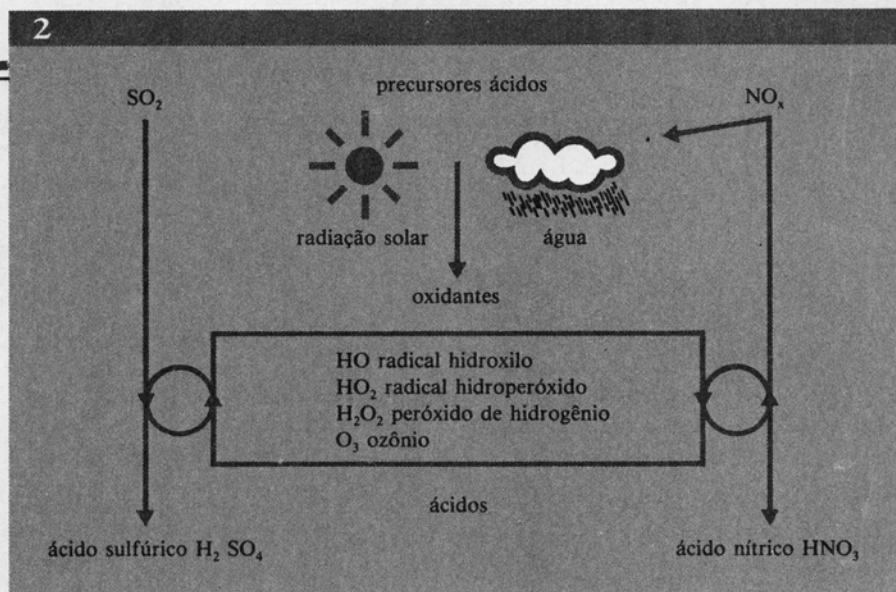
Tratou-se, então, de construir modelos que permitissem prever o nível de acidez da chuva de uma região, com respeito à quantidade de precursores produzidos por um emissor. Os modelos mais sofisticados foram desenvolvidos nos Estados Unidos. Com um supercomputador Cray-1, o Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica, em Boulder, Colorado, simulou um modelo de deposição ácida regional que estima a provável quantidade de chuva ácida e a sua localização possível, causada por certos pontos emissores. Neste modelo, o computador considera como variantes as condições meteorológicas, o regime de chuvas da região receptora, as reações atmosféricas e a quantidade de poluição que retorna à Terra sem formar precursores ácidos ( $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ). Outro modelo criado pelos cientistas americanos tem por objetivo estimular os impactos de medidas alternativas de controle da poluição. Reservando uma atenção especial à região noroeste americana, este modelo considera as concentrações de sete elementos para identificar a origem das emissões. A estimativa é de que as chuvas ácidas ocorridas no noroeste americano são, em 80%, produzidas no meio-oeste.

O resultado mais importante desta simulação do que se passa na natureza é que, uma vez determinada a relação quantitativa

entre fonte e receptor, será possível fazer uma relação custo/benefício para se escolher a melhor estratégia de combate à poluição. As medidas preventivas envolvem quantias que chegam a milhões de dólares. Torna-se então fundamental saber se a redução em 30% da emissão de  $\text{SO}_2$  acarreta uma diminuição em também 30% da deposição de enxofre na área receptora. Estes cálculos podem inclusive servir de base para uma legislação moderna sobre o assunto, que previna efeitos desastrosos sem comprometer o desenvolvimento econômico de um país. Ou podem orientar uma política industrial mais afinada, que examine a distribuição de fábricas e usinas termoeletricas nas regiões mais adequadas.

A demora na adoção de medidas preventivas talvez se deva ao fato de que os níveis de  $\text{SO}_x$  e  $\text{NO}_x$  necessários para se evitar a chuva ácida são inferiores aos níveis exigidos para proteger a saúde pública. Os danos ocasionados à vida humana são os que mobilizam a opinião pública e, portanto, os que merecem atenção e medidas efetivas por parte das autoridades governamentais. Somente quando as conseqüências da chuva ácida forem amplamente conhecidas, a pressão social conseguirá vencer a inércia das indústrias e dos governos.

Os cientistas europeus já se encarregaram de fazer um 'balanço da exportação de poluentes' que incluiu vários países (figura 3). A Inglaterra é uma pequena importadora de  $\text{SO}_2$  se comparada aos altos índices de poluentes recebidos pela Noruega. A Alemanha Ocidental tem um balanço quase zero enquanto a Polônia e os Estados Unidos são os maiores exportadores de poluição do hemisfério norte. E como conseqüência deste 'balanço', a convenção europeia formou o chamado 'clube dos 30%', formado por países que se comprometiam a reduzir em 30% sua produção de





poluentes. Até o momento, Inglaterra, Polônia e Estados Unidos ainda se negam a participar do acordo. Mas a Alemanha Ocidental, de início relutante, apressou-se em aderir, quando um estudo mostrou que suas florestas se encontravam seriamente ameaçadas pela chuva ácida.

O que se constata hoje é que a determinação das autoridades governamentais em controlar suas fontes poluidoras varia de acordo com a quantidade de poluição externa que o seu país recebe. Quando a importação é maior do que 50%, o governo logo toma a iniciativa do controle e inicia gestões para um acordo internacional. Quando ao contrário esta importação é menos do que 50%, seus representantes começam a levantar dúvidas sobre a seriedade do problema e a melhor forma de controlá-lo.

enxofre associado ao carvão e ao xisto, a fim de evitar a sua perda na forma de emissão poluidora.

A maior termoeletrônica da América Latina é a Jorge Lacerda, em Imbituba (Santa Catarina), que consome carvão-vapor com um teor de enxofre entre 2,5 e 3,0%. Em 1986, a usina consumiu um milhão e 900 mil toneladas e lançou ao ar cerca de 300 toneladas por dia de SO<sub>2</sub>, que corresponderiam a 11.300 km<sup>2</sup> com um depósito de dez gramas de SO<sub>2</sub> por metro quadrado ou cerca de 14% da área total de Santa Catarina. A situação chegou a tal ponto que, em 1977, o governo do estado recebeu a informação de que a rede hidrográfica estava quase inteiramente comprometida, com os rios apresentando um pH entre 2,0 e 3,0. Para este quadro dramático contribuíram tanto a termoeletrônica e a fábrica de ácido

Por isto, a pressão governamental precisa ser intensa e os grupos sociais interessados numa efetiva redução da poluição devem participar diretamente das agências que cuidam do meio ambiente na administração pública. As emissões de SO<sub>2</sub> podem ser reduzidas a níveis aceitáveis, utilizando-se tecnologia avançada na limpeza dos carvões com teor moderado de enxofre, entre 0,75 e 2,15%. Carvões com alto teor de enxofre precisam também de dessulfurização dos gases efluentes da combustão.

Todos os métodos para dessulfurizar o carvão tratam de eliminar o enxofre que aparece na forma de pirita. Nesta linha, são três as tecnologias mais promissoras: métodos de flotação avançada, aglomeração seletiva e ciclones usando líquidos pesados. Qualquer uma dessas tecnologias poderia reduzir as emissões de enxofre a custos que equivaleriam à metade do que se costuma pagar para limpar os gases efluentes, usando-se o método dos calcários, uma tecnologia parcialmente dominada, que produz enormes quantidades de gesso inútil.

O Laboratório de Físico-Química Orgânica da Universidade Federal de Santa Catarina tem desenvolvido projetos orientados para a separação carvão/pirita por meio da flotação, estudando seu mecanismo, e usando novos compostos que seletivamente separam a pirita do carvão (coletores). No que se refere à dessulfurização dos produtos da combustão, os estudos se concentram nas reações da sulfogazeificação do carvão, que eliminam o SO<sub>2</sub> por reação com o carvão, para produzir sulfeto de carbono, produto que tem importantes aplicações industriais. Estudam-se as etapas envolvidas nesta dessulfurização e os catalisadores que melhorem o rendimento.

No Brasil, os pesquisadores estão numa corrida contra o tempo. É indispensável desenvolver uma tecnologia barata e eficiente no controle da poluição antes que os níveis de emissão de poluentes na atmosfera se tornem muito elevados. A expansão do parque industrial tende a agravar a situação e, o que é pior, encarecer drasticamente o controle. A experiência noutros cenários mostra que não são suficientes as evidências científicas para chegar a uma tomada de decisão efetiva. O custo dessa decisão tem sido, até agora, um fator definitivo, sem que os critérios científicos consigam se impor.

**Eduardo Humeres**

Departamento de Química,  
Universidade Federal de Santa Catarina

### 3

| País               | SO <sub>2</sub> ton/mês | % contribuição externa |
|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Inglaterra         | 847.000                 | 20                     |
| Noruega            | 255.000                 | 92                     |
| Alemanha Ocidental | 1.158.000               | 52                     |

Eno Brasil, como está o controle sobre os índices de acidez da água? Aqui existem pelo menos duas áreas críticas emissoras de poluentes: Cubatão, em São Paulo, e Criciúma, em Santa Catarina. Há, porém, diferenças quanto às fontes geradoras desta poluição. Em Criciúma, ela é decorrente da exploração e combustão de carvão com alto teor de enxofre enquanto que em Cubatão as indústrias petroquímicas e metalúrgicas são as fontes principais. Ainda que a maior parte dos poluentes permaneça nos locais de produção, existem indícios da ocorrência de chuvas ácidas em São Paulo. E à medida que estas áreas industriais e mineiras se expandirem, mais nítido se tornará o fenômeno e mais facilmente serão detectados os altos índices de óxido de enxofre e nitrogênio.

A relação entre carvão e enxofre no Brasil é muito especial. Estima-se em 23,1 bilhões de toneladas as reservas de carvão da bacia sedimentar do Paraná e de xisto da formação de Irati. Deste total, mais de um bilhão de toneladas correspondem a enxofre, principalmente na forma de pirita carbonosa. Apesar disto, o Brasil é o quinto maior importador de enxofre do mundo. Diante destes referenciais, pode-se ter uma idéia da importância de se convencer o parque industrial brasileiro a aproveitar este

sulfúrico quanto os depósitos de rejeitos e pirita, as coqueiras (indústrias que produzem coque) e os pré-lavadores (primeira fase de eliminação da pirita, à saída da mina). Em 1982, a região sul de Santa Catarina foi declarada 'área crítica' para efeito de controle de poluição.

Cogitou-se que a solução seria a substituição das atuais chaminés de 60 metros da termoeletrônica Jorge Lacerda I e II por outras com altura de 150 metros (sendo que a usina 4 teria uma chaminé de 200 metros) de modo a diminuir a poluição local sem reduzir a taxa de poluente. Neste caso, porém, é bom lembrar que a construção de chaminés na Inglaterra redundou num aumento da poluição em regiões da Suécia e Noruega. Trata-se, portanto, de uma falsa solução para o problema. Ainda assim, a situação brasileira pode ser considerada amena, em contraste com zonas emissoras da Europa e dos Estados Unidos. Aqui estamos em tempo de exercer um controle efetivo da poluição sem que haja a demanda de altos investimentos.

Níveis elevados de emissão de óxido de enxofre e nitrogênio exigem medidas de controle de altos custos, normalmente encarados pelas indústrias na rubrica dos 'investimentos adicionais'. São os primeiros a serem cortados em momentos de crise.



# A FLORESTA E

**Metade da chuva que cai sobre a região amazônica engrossa o rio Amazonas e a outra metade volta à atmosfera sob a forma de vapor, por causa da evaporação e transpiração das plantas. O estudo do ciclo da água na Amazônia demonstra a importância do tipo de cobertura vegetal existente para o balanço hídrico e o equilíbrio climático da região.**

**Que consequências trará o desmatamento excessivo?**

**Eneas Salati**

Diretor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da USP  
Ex-diretor do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

**A**s tentativas de colonização das regiões tropicais úmidas sempre foram limitadas pelas dificuldades de implantação de uma atividade agrícola economicamente viável, fenômeno relacionado às adversidades ecológicas destas regiões, como o baixo índice de fertilidade do solo e a alta incidência de pragas e moléstias.

Por isso, a colonização européia das áreas descobertas após as grandes navegações obteve maior sucesso nas regiões de climas amenos, ou seja, nas regiões temperadas. Assim, a colonização das Américas desenvolveu-se nas áreas subtropicais, implantando unidades economicamente independentes, que vieram a se transformar nos países mais desenvolvidos do nosso continente.

A tentativa de ocupação e desenvolvimento da região amazônica levada a efeito por portugueses e espanhóis a partir do século XVI foi bastante prejudicada pelo insucesso das atividades agrícolas. Desse modo, a colonização da América do Sul acabou se concentrando em áreas de clima mais propício, especialmente na região Centro-Sul e nas faixas andinas de climas mais favoráveis.

Durante muito tempo, apenas as atividades extrativistas (cujo exemplo mais importante foi o ciclo da borracha) revelaram-se economicamente viáveis na Amazônia e contribuíram para a implantação, desenvolvimento e manutenção

de algumas vilas ou pequenas cidades ao longo dos rios locais. Essas atividades extrativistas em quase nada alteraram o equilíbrio ecológico da região, embora tenham afetado as populações indígenas locais, bem como as espécies de grandes animais que ali habitam, como jacarés e tartarugas. A floresta em si e os grandes rios permaneceram praticamente intocados.

A partir da década de 60, no entanto, vários projetos e planos de colonização foram iniciados em diversos países integrantes da grande região amazônica, iniciando um processo de ocupação intensiva. Até hoje, porém, passados 20 anos, os problemas do desenvolvimento da região continuam desafiando cientistas e técnicos. Apesar do uso de técnicas avançadas e modernas, dificilmente poder-se-ia considerar bem-sucedidos os sistemas de colonização implantados.

Ao longo desses anos, uma pressão cada vez maior passou a ser exercida sobre o ecossistema local: atualmente, as florestas primitivas vêm sendo substituídas por pastagens e plantações à razão de cerca de três milhões de hectares por ano, com uma tendência de crescimento exponencial da taxa de desmatamento. Entretanto, como nem sempre a substituição da floresta tropical úmida por outros tipos de vegetação traz resultados positivos, estima-se em mais de 800 mil hectares a área degradada.





# AS ÁGUAS

A floresta amazônica é o habitat de mais de 60.000 espécies vegetais, 2,5 milhões de espécies de artrópodos, cerca de 2.000 espécies de peixes e mais de 300 espécies de mamíferos. A precipitação média na vasta região que abriga este complexo ecológico é de 2.400mm, duas vezes mais do que a registrada, por exemplo, no planalto paulista. E a temperatura média ao longo da linha que vai de Belém a Manaus e Iquitos, numa extensão de aproximadamente 4.000km, permanece praticamente a mesma durante todo o ano. Floresta, água e temperatura tecem uma teia de relações essencial à ecologia local.





**A** pressão sobre a floresta amazônica, associada ao desmatamento que vem ocorrendo em toda a região tropical úmida da Terra (em grande parte da qual a floresta primária foi completamente destruída nos últimos 30 anos) tem despertado a atenção de pesquisadores de todo mundo, interessados em descobrir qual a importância da cobertura vegetal dessas áreas de pequena latitude em relação aos fenômenos gerais que controlam as características da atmosfera do nosso planeta.

Quando se substitui uma floresta por outro tipo de cobertura vegetal, não é difícil identificar-se, por exemplo, as grandes variações que ocorrem nos ciclos biogeoquímicos do carbono, do nitrogênio, do enxofre, do fósforo e outros, embora seja difícil quantificar todas as variações. Sabe-se, no entanto, que o desmatamento introduz modificações profundas, nem sempre entendidas de maneira completa e muitas vezes discutidas de forma inadequada. A questão crucial que vem desafiando a capacidade dos pesquisadores é a seguinte: haverá alteração do equilíbrio do clima no caso de um grande desmatamento na região?

Vários programas de pesquisa, envolvendo diversas organizações nacionais, tentam responder esta pergunta. Um deles procurou enfocar de forma direta o problema do ciclo da água. Os trabalhos foram desenvolvidos, em colaboração, pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP/CNEN), com apoio técnico do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) de São

José dos Campos e financiamento da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Tive o privilégio de coordenar as pesquisas desenvolvidas a partir de 1970, algumas delas ainda em andamento. A revista *Acta Amazônica* e outros veículos nacionais e internacionais de divulgação científica já publicaram mais de duas dezenas de trabalhos sobre o assunto nestes 13 anos de pesquisas.

Os trabalhos se desenvolveram de acordo com quatro linhas paralelas, de complexidade crescente no que diz respeito às técnicas utilizadas:

1. Análise de dados meteorológicos disponíveis sobre a região amazônica, inclusive de países vizinhos. Nesta fase, estudamos os dados de precipitação, energia solar, ventos de superfície, umidade relativa e temperatura; a partir deles, organizamos as classificações climáticas convencionais e a estimativa preliminar dos balanços de energia e água.

2. Análise de dados, recolhidos diariamente em oito cidades e durante cinco anos, desde a superfície do solo até 5.000m de altitude, sobre os fluxos mensais de vapor d'água da região. Através de radiossondagem, observamos as variações de temperatura, umidade e velocidade dos ventos, chegando a uma visão das direções predominantes das massas de ar e a uma quantificação dos fluxos de vapor d'água.

3. Estudo detalhado do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica experimental localizada na área do INPA, 60km ao norte de Manaus. Um dos re-

sultados desse trabalho, que contou com o apoio de um programa especial da Organização dos Estados Americanos e da Organização Meteorológica Mundial, foi a medição dos diversos componentes do balanço hídrico, incluindo a precipitação, a interceptação das chuvas pelas plantas e o escoamento superficial da água.

4. Emprego de um método independente para evidenciar a recirculação do vapor d'água na região, utilizando-se as concentrações de  $^{18}\text{O}$  e D (isótopo do hidrogênio) nas águas de chuvas e nos rios, em diferentes pontos da bacia amazônica. Esse método isotópico, apresentado abaixo, é, em princípio, simples e propicia melhor entendimento da origem e dinâmica do vapor d'água, fatores que determinam as chuvas em uma região. Em alguns casos, permite diferenciar o vapor d'água de origem oceânica daquele produzido através da evaporação e transpiração das plantas.

A partir do estudo do ciclo da água foi possível identificar fatores condicionantes do atual equilíbrio dinâmico da Amazônia e formular algumas hipóteses — apresentadas a seguir — sobre a interdependência de clima e floresta.

As pessoas que vivem nas latitudes maiores (por exemplo, em São Paulo — 23° de latitude sul) percebem uma variação na duração dos dias do ano. São mais longos os dias de verão e mais curtos os de inverno. À medida em que nos deslocamos na direção dos pólos, isto é, rumo a latitudes maiores, o dia fica mais longo no verão e ainda mais curto no inverno. Em Porto Alegre, por exemplo, que fica a aproximadamente 30°S, sua duração em 23 de dezembro é de 13,93

## O MÉTODO ISOTÓPICO

O método isotópico pode ser explicado de maneira simplificada. Em geral, a água apresenta diversas espécies moleculares, dependendo dos isótopos de hidrogênio e oxigênio que a compõem. Os isótopos estáveis de hidrogênio são  $^1\text{H}$  e  $^2\text{H}$  (ou D). Os isótopos estáveis de oxigênio,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  e  $^{18}\text{O}$ . Da combinação desses diversos isótopos formam-se diferentes espécies moleculares de água, como por exemplo:  $\text{HH}^{16}\text{O}$ ,  $\text{HH}^{17}\text{O}$ ,  $\text{HH}^{18}\text{O}$  e  $\text{HD}^{16}\text{O}$ . Delas, as mais importantes, pelas suas concentrações e sua relação com o objeto

do trabalho descrito neste artigo, são  $\text{HH}^{16}\text{O}$  e  $\text{HH}^{18}\text{O}$ .

Durante o processo de evaporação da água no oceano, as moléculas do tipo  $\text{HH}^{16}\text{O}$ , que têm massa molecular igual a 18, evaporam-se com mais facilidade do que as moléculas do tipo  $\text{HH}^{18}\text{O}$ , com massa molecular igual a 20.

Durante o processo de evaporação existe, portanto, um fracionamento isotópico, de tal forma que o vapor formado pela água do mar possui uma concentração de  $^{18}\text{O}$ , cerca de 8‰ menor que a concentração

no oceano. À medida em que esse vapor d'água penetra no continente, há condensação e, provavelmente, precipitação, passando então a constituir a água dos solos e dos rios. Como as moléculas mais pesadas se condensam com mais facilidade, o processo de formação de nuvens e a precipitação levam a um empobrecimento isotópico do vapor d'água residual. Isso significa que o vapor d'água de uma região mais a oeste tem valores menores nas concentrações de  $^{18}\text{O}$ .

Medidas sistemáticas de

composição isotópica da água de chuva da região amazônica mostraram que a diminuição das concentrações de  $^{18}\text{O}$  era menor do que a que se poderia esperar em um processo no qual existisse uma contínua remoção de vapor d'água através da precipitação.

Pode-se explicar essa anomalia admitindo-se que o vapor d'água gerado através da evapotranspiração se mistura com o vapor proveniente do oceano. De uma mistura desses dois vapores forma-se a chuva em determinado local.



horas, e em 23 de junho é de 10,07 horas. Nas ilhas Malvinas (aproximadamente 52° de latitude sul), na primeira data o dia tem uma duração de 16,44 horas, enquanto na segunda dura apenas 7,44 horas.

Na região equatorial, porém, o dia e a noite têm praticamente a mesma duração, variando pouco em torno das latitudes 5° N e 10° S, faixa que inclui a maior parte da floresta tropical úmida. Assim, por exemplo, na cidade de Manaus (latitude de 3°08'S), ou seja, bem no centro da Amazônia, o dia mais longo tem 12,4 horas e o mais curto, 11,8 horas.

A variação da duração do dia está associada com o total de energia proveniente do sol, responsável por grande parte dos fenômenos que caracterizam o clima. Normalmente, a quantidade de energia que chega a uma região qualquer se relaciona com a época do ano e a duração do dia, a qual, por sua vez, depende da declinação do sol. Na região equatorial, a energia incidente nas partes mais altas da atmosfera é quase a mesma durante o ano todo. Em Manaus, a energia solar incidente nas altas camadas atmosféricas varia de um máximo de 885 calorias por centímetro quadrado por dia em janeiro e um mínimo de 767 calorias por centímetro quadrado por dia em junho.

**N**a região amazônica, é a nebulosidade que realmente limita a incidência de energia sobre a floresta (ao nível da copa das árvores). A energia disponível para os diversos processos — evaporação da água, transpiração das plantas, fotossíntese, aquecimento da terra e do ar, turbulências e outros — depende, portanto, das nuvens, as quais, por sua vez, dependem da existência de vapor d'água na atmosfera.

Na figura 1 estão representadas as variações da duração do dia e da energia solar que chega às partes superiores da atmosfera, a razão de insolação (relação entre o número de horas que o sol brilha e a duração do dia) e a energia que chega ao nível do solo na região. Pode-se ver que a diminuição de energia solar (ao nível da copa das árvores —  $Q_g$ ) nos meses de fevereiro, março e abril está ligada à diminuição do número de horas de insolação ( $n/N$ ), sendo que, nessa época do ano, a razão de insolação em Manaus chega a ser inferior a 30%. Por outro lado, o máximo de energia solar, que ocorre no mês de setembro, coincide com um aumento das horas de brilho solar, ou seja, uma diminuição das nuvens. Nessa época, a razão de insola-

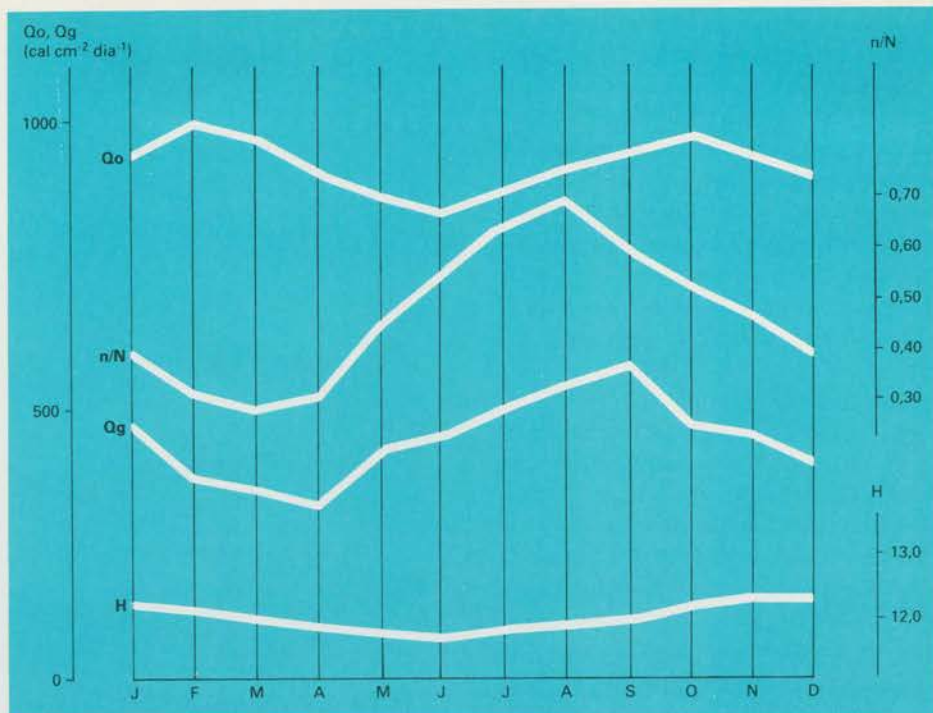


Fig. 1. Manaus (AM) — Lat 3°8'S, Long 60°2'W. Valores médios mensais da razão de insolação ( $n/N$ ), energia solar ao nível do limite da atmosfera terrestre ( $Q_o$ ), radiação global a nível da copa das árvores ( $Q_g$ ) e duração do dia ou mesmo máximo de horas de insolação ( $H$ ).



Fig. 2. Distribuição espacial da água precipitável no mês de março na região amazônica. Fonte: Marques *et al.*, 1980.

ção é da ordem de 60 a 70%.

Em função disso, a primeira pergunta que se coloca é: a umidade do ar depende da floresta? A questão pode ser examinada de diversos ângulos. Em primeiro lugar, em relação ao total de vapor d'água existente na atmosfera e aos movimentos das massas de ar que transportam o vapor d'água do oceano para a região amazônica. Em seguida, em relação aos movimentos das massas de ar dentro da própria região e ao transporte do vapor d'água da região amazônica

para as regiões continentais circunvizinhas.

A figura 2 mostra o total de vapor d'água existente na atmosfera desde a superfície do solo até aproximadamente 5.000m de altitude, faixa que inclui a quase totalidade do vapor d'água da região pois, para efeito de cálculo, o vapor existente nos níveis mais altos da atmosfera é praticamente desprezível. O parâmetro usado para essa medida denomina-se água precipitável, e representa a espessura da lâmina de água líquida que



seria obtida se todo o vapor d'água da atmosfera fosse condensado.

Na Amazônia, a média de água precipitável é de 40mm, valor que cresce conforme se penetra no continente. Esse aumento da quantidade de água disponível (que, para a mesma temperatura média, representa um aumento da umidade relativa do ar) já dá uma indicação da importância da interação entre a atmosfera e o tipo de cobertura do solo.

A medida em que a massa de ar oriunda do oceano penetra no continente, ela vai ganhando umidade, proveniente da evaporação e transpiração das plantas. De maneira geral, a umidade relativa aumenta do oceano em direção ao interior; porém, o fluxo de vapor d'água, obtido através da multiplicação da umidade do ar pela velocidade do vento, decresce do oceano em direção aos Andes. A figura 3 dá uma idéia dos fluxos de vapor d'água que, durante quase todo o ano, apresentam o mesmo padrão geral, vindos de este, ou seja, do oceano Atlântico. Durante metade do ano predominam os ventos de sudeste e na outra metade, os de nordeste.

Mudanças na quantidade de vapor d'água na atmosfera devem provocar uma variação das populações vegetais que ocupam os diversos ecossistemas. As plantas da região amazônica foram selecionadas através do tempo para uma adaptação a altos níveis de precipitação e altos níveis de umidade do ar.

É exatamente o alto teor de umidade no ar que determina as baixas variações

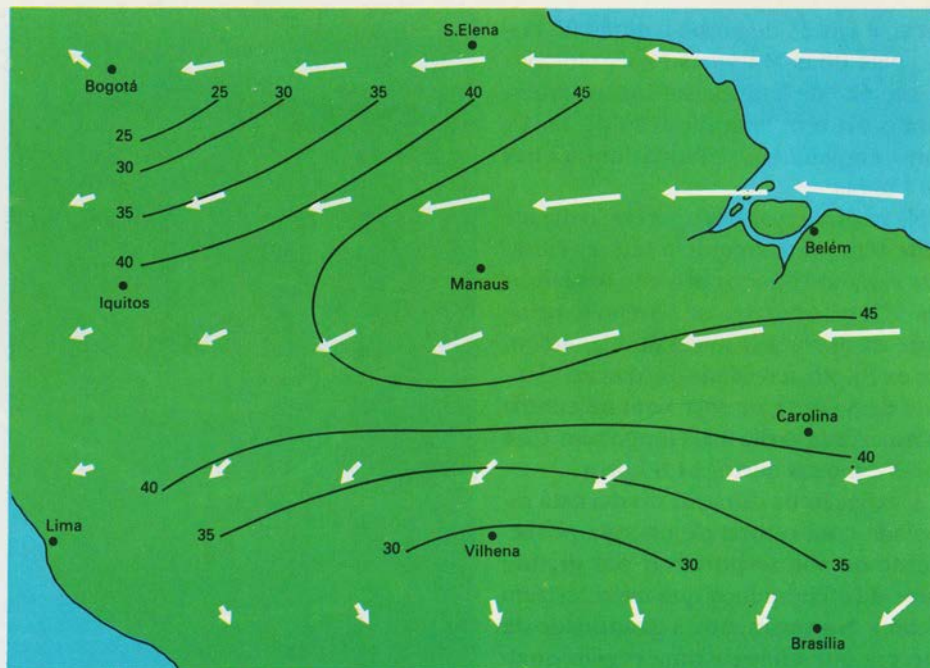


Fig. 3. Fluxos do vapor d'água na região amazônica no mês de março. Os demais meses têm o mesmo padrão geral, sendo o fluxo proveniente do oceano Atlântico. Metade do ano os ventos sopram de sudeste e na outra metade, de nordeste. Fonte: Marques *et al.*, 1980.

de temperatura na região, quase provocando uma isotermia, isto é, ausência de variação na temperatura do ar, inclusive se compararmos medições diurnas e noturnas. As grandes variações de temperatura durante o dia e a noite nas regiões secas devem-se especialmente à falta ou ao baixo teor de vapor d'água no ar. Em Brasília, por exemplo, as oscilações de temperatura de dia e de noite atingem, no inverno, 17°C, e mesmo no planalto paulista chegam a 15°C. Nas regiões desérticas, onde a água precipitável alcança alguns milímetros, as variações de temperatura entre o dia e a noite podem ser superiores a 40°C.

Chama a atenção o fato de as condições do clima, entre elas a temperatura do ar, dependerem não só da energia solar disponível, mas também da umidade do ar e do tipo de cobertura sobre o solo, analisada a seguir em maior detalhe.

É importante salientar também que essa condição de isotermia é mais característica da faixa central da região amazônica, pois à medida em que se caminha para regiões limites, seja em direção ao platô das Guianas, seja em direção ao planalto central brasileiro, as condições começam a mudar e o clima das áreas de transição variam de tropical úmido para climas de savana com alguma influência da altitude. Nos limites da região oeste, definidos pela cordilheira dos Andes, observam-se mudanças muito mais bruscas em pequenas distâncias. O efeito da altitude é, neste caso, fator determinante do tipo de clima, havendo até mesmo geleiras nas partes mais altas.

Os fluxos de vapor d'água e, especialmente, a zona de convergência dos ventos que vêm do sul com os ventos que vêm do norte (denominada Zona de Convergência Intertropical) definem o regime de precipitação da bacia amazônica.

A figura 4 mostra a existência de maiores precipitações anuais nas regiões litorâneas, atingindo valores acima de 4.000mm na região de Marajó, diminuindo em seguida até a região central. Os níveis de precipitação voltam a subir nas regiões a oeste, principalmente no

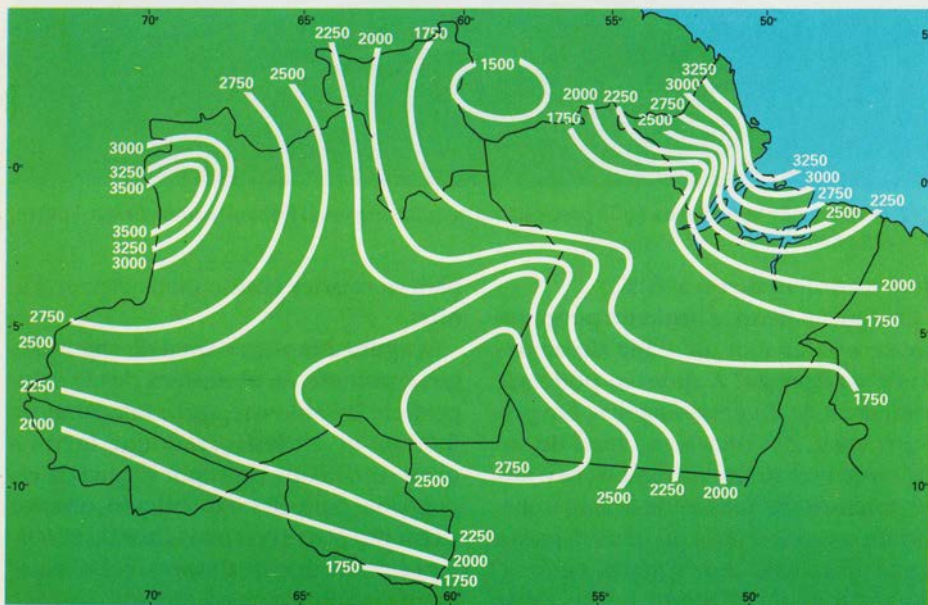


Fig. 4. Distribuição das precipitações anuais para a região amazônica, organizada com dados do IBGE.



alto rio Negro e nas encostas andinas. A figura 5 mostra as variações das precipitações durante o ano nas cidades de Belém e Iauaretê, e a figura 6 dá uma idéia geral da distribuição das precipitações. Observa-se uma grande oscilação, defasada de seis meses, entre as estações ao norte e ao sul. Essa variação das precipitações tem uma importância muito grande para o regime dos rios e, especialmente, para a biologia das águas, influenciando nas migrações dos peixes.

O que ocorre com a água proveniente dessas precipitações? O balanço hídrico de uma bacia hidrográfica nas proximidades de Manaus (área coberta com floresta densa) demonstrou que 25% da chuva (que totaliza 2.200mm) jamais atingem o solo, ficando retidos nas folhas e voltando à atmosfera por evaporação direta; 50% da precipitação são utilizados pelas plantas, sendo devolvidas à atmosfera, na forma de vapor, por transpiração. Os igarapés que drenam a bacia hidrográfica removem os outros 25% da água da chuva. Esses dados indicam que, naquele tipo de floresta densa, 75% da água de precipitação retornam à atmosfera na forma de vapor por evapotranspiração, resultado da influência direta do tipo de cobertura vegetal.

Os estudos da bacia amazônica como um todo, incluindo vegetações distintas, áreas de cerrado e regiões montanhosas, indicam que, do total da água

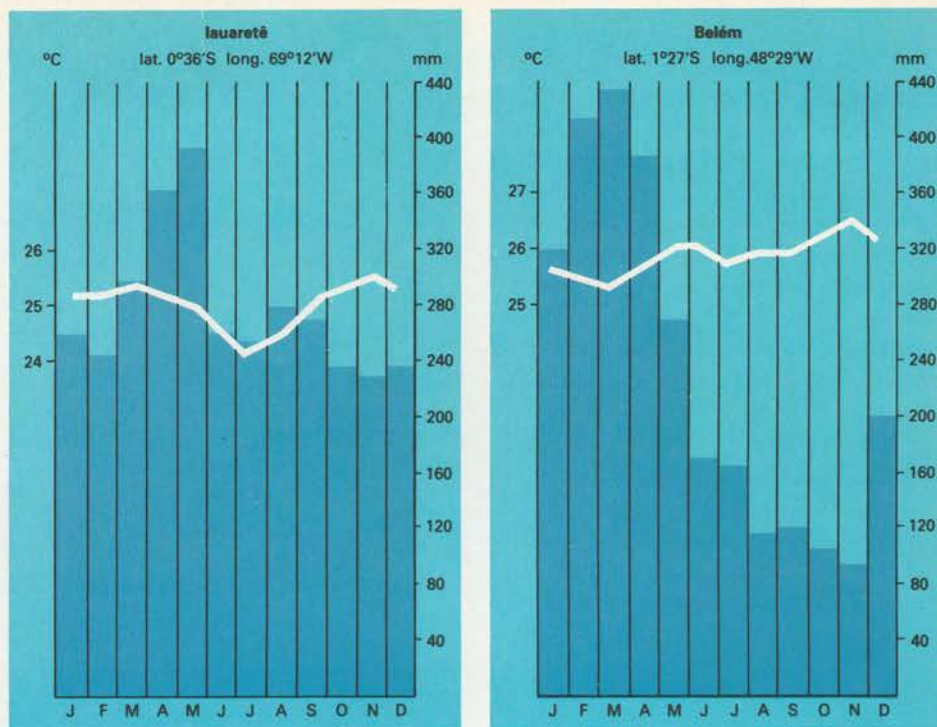


Fig. 5. Os números à esquerda de cada quadro medem, em centígrados, a temperatura, cuja evolução anual é mostrada pela linha branca de sentido horizontal. À direita, aparecem os níveis de precipitação, medidos em mm e correspondentes à área das colunas verticais.

precipitada, cerca de 50% saem pelo rio Amazonas e cerca de 50% voltam à atmosfera na forma de vapor, através da evapotranspiração. Dessa forma, já se pode concluir pela fundamental importância do tipo de cobertura vegetal para o balanço hídrico, mostrado na figura 7. O atual equilíbrio hídrico da região

amazônica depende, portanto, da floresta existente. Como o clima está ligado a muitos fatores, especialmente à umidade do ar (vapor d'água), fica evidente que existe uma relação de dependência entre o atual equilíbrio reinante e a cobertura vegetal. Ou seja, há uma íntima relação entre o clima e a floresta.

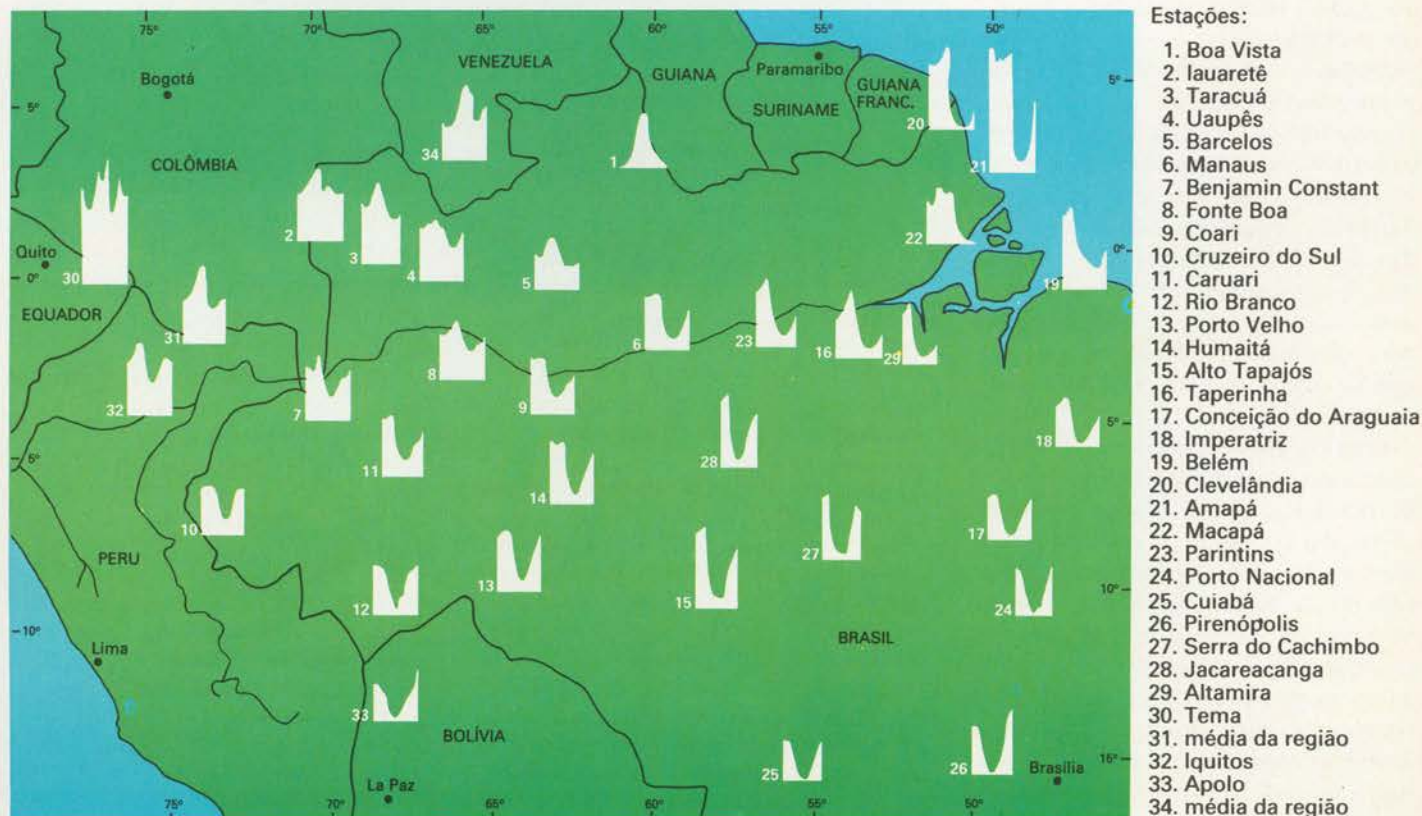


Fig. 6. Distribuição das chuvas na bacia amazônica.



A energia solar incidente na região amazônica é maior do que inicialmente se imaginava. A média de energia é da ordem de 425 calorias por centímetro quadrado por dia, e sua variação durante o ano, como já se disse, não depende da declinação do sol, mas da nebulosidade. Os níveis máximos de energia na faixa central da Amazônia ocorrem nos meses mais secos, sendo da ordem de 550 calorias por centímetro quadrado por dia em setembro e outubro. Os níveis mínimos ocorrem durante os meses de fevereiro a abril, sendo da ordem de 320 calorias.

Nossas informações atuais indicam que entre 50 e 60% da energia são utilizados pelas plantas no trabalho de evapotranspiração. Isso indica a ligação do balanço de energia com o tipo de cobertura vegetal. Por conseguinte, alterações na cobertura vegetal implicarão alterações no balanço energético.

A partir dos estudos mais recentes dos dados de radiossondagem e das composições isotópicas do vapor d'água e das chuvas, ficou evidenciada a reciclagem do vapor d'água na região. A água das chuvas volta à atmosfera na forma de vapor, misturando-se depois com o vapor d'água já existente no ar. Forma, então, novas nuvens, que dão origem a novas precipitações. Esse fenômeno ocorre de forma crescente à medida em que o vapor d'água proveniente do oceano se move na direção dos Andes (ver figura 8).

Estima-se que cerca de 50% das chuvas provêm do oceano Atlântico e que outros 50% provêm de uma recirculação do vapor d'água, o que reforça a idéia de uma marcante influência da cobertura vegetal no regime e distribuição das chuvas. Esse fenômeno de reciclagem, que possui grande valor para a dinâmica biológica dos ecossistemas amazônicos, é mais importante na época em que os níveis de precipitação são menores.

Eis a conclusão a que se pode chegar com base nas informações colhidas: a floresta não é simples consequência do clima. Ao contrário, o equilíbrio hoje existente, que implica um determinado tipo de clima, depende da atual cobertura vegetal. Portanto, o desmatamento ou a colonização intensiva, ao substituir a floresta por outros tipos de cobertura (pastagem, agricultura anual) podem acarretar modificações climáticas porque introduzem alterações no balanço de energia e no balanço hídrico da região amazônica.

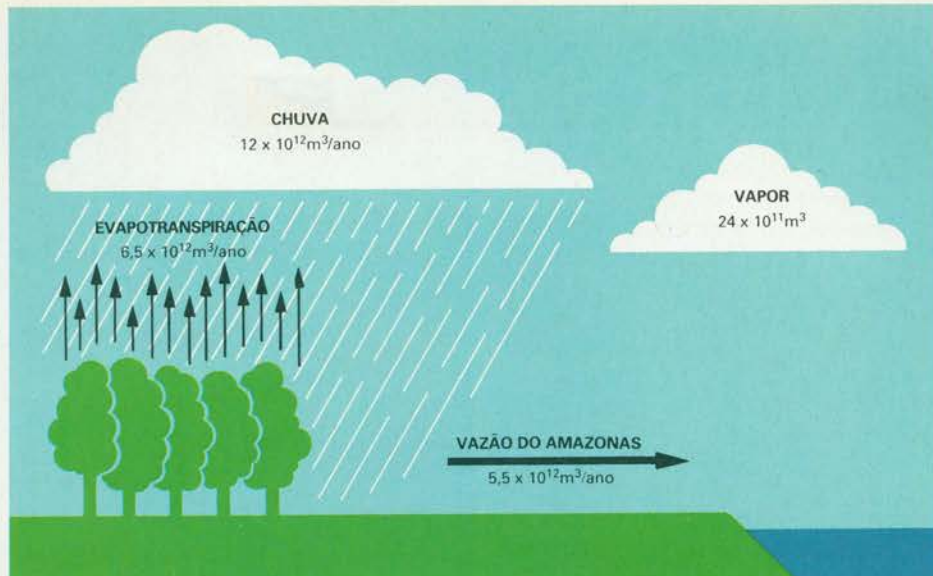


Fig. 7. O balanço de água da bacia amazônica indica que, em média, o total de precipitação é da ordem de  $12 \times 10^{12} \text{ m}^3$  por ano; a vazão do rio Amazonas, da ordem de  $5,5 \times 10^{12} \text{ m}^3$  por ano e a evapotranspiração, incluindo a evaporação e a transpiração, da ordem de  $6,5 \times 10^{12} \text{ m}^3$  por ano.

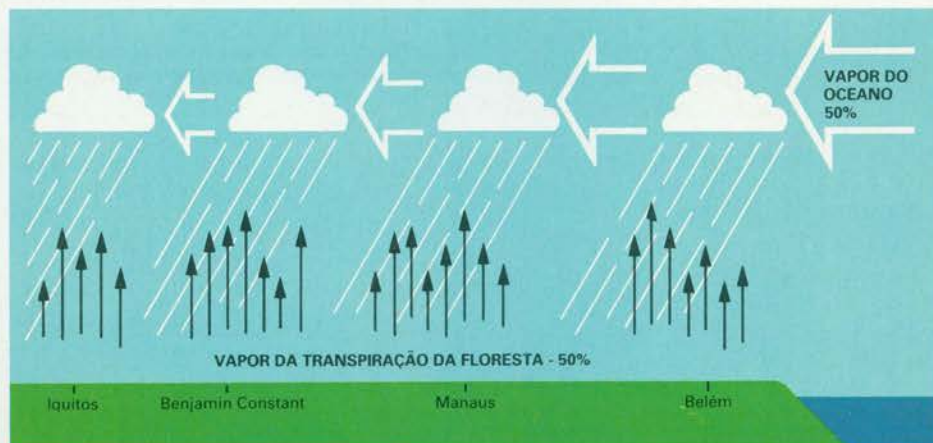


Fig. 8. A figura mostra de maneira simplificada um modelo de recirculação de água, comum na faixa central da bacia amazônica. Aproximadamente 50% do vapor d'água que produz chuva vêm do oceano Atlântico, com os ventos que sopram do quadrante leste. Os outros 50% são produzidos dentro da própria bacia amazônica, pela transpiração das plantas que compõem a floresta. Dá-se, assim, uma recirculação da água na região.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- Ciência Hoje*, vol. 2, n.º 10, jan/fev 1984, especial sobre Amazônia.
- VILLA NOVA N.A., SALATI E. e MATSUI E. "Estimativa de Evapotranspiração na Bacia Amazônica", *Acta Amazônica*, 6 (2), 1976, p. 215-228.
- VILLA NOVA N.A., RIBEIRO M.N.G., NOBRE C.A. e SALATI E. "Radiação Solar em Manaus", *Acta Amazônica*, 8 (3), 1978, p. 417-421.
- DALL'OLIO A., SALATI E., AZEVEDO C.I., MATSUI E. "Modelo de Fracionamento Isotópico da Água na Bacia Amazônica", *Acta Amazônica*, 9 (4), 1979, p. 675-687.
- MARQUES J., SALATI E., SANTOS J.M. dos. "Cálculo da Evapotranspiração Real da Bacia Amazônica através do Método Aerológico", *Acta Amazônica*, 10 (2), 1980, p. 357-361.
- SALATI E. e RIBEIRO M.N.G. "Floresta e Clima", *Acta Amazônica*, 9 (4), 1979, p. 15-22.
- LEOPOLDO P.R., FRANKEN W. e SALATI E. "Balanço Hídrico de Pequena Bacia Hidrográfica em Floresta Amazônica de Terra Firme", *Acta Amazônica*, 12, 1982, p. 333-337.
- RIBEIRO M.N.G., SALATI E., VILLA NOVA N.A. e DEMÉTRIO C.G.B. "Radiação Solar Disponível em Manaus e sua Relação com a Duração do Brilho Solar", *Acta Amazônica*, 12 (2), 1982, p. 339-346.
- SALATI E., SCHUBART H.O.R., JUNK W. e OLIVEIRA A.E. de. *Amazônia*. CNPq-Brasiliense, São Paulo, 1983.



## A COLEÇÃO DE INSETOS DE FRITZ PLAUMANN

Em alguns casos é impossível separar a vida de um homem e sua obra. É este o caso de uma grande coleção de insetos existentes em Santa Catarina e de seu organizador, Fritz Plaumann. Alemão de origem, ele chegou ao Brasil em 1924, com 22 anos, tentando escapar da alta inflação que na época corroía a economia alemã. Instalou-se no distrito de Nova Teutônia, município de Seara, em Santa Catarina, atraído pelo nome germânico do lugar e pela colonização local, eminentemente alemã e italiana. Se já em seu país Plaumann era um apaixonado pela entomologia, a região ao redor de Nova Teutônia, com seus vales, montanhas e riachos intocados, e uma infinidade de insetos, incentivou-o a coletar, montar e organizar sua própria coleção, que não parou de crescer, num trabalho que se perpetua há 63 anos.

Hoje a coleção de Plaumann tem mais de 70 mil exemplares e cerca de 16 mil espécies de insetos, distribuídos entre quase todas as ordens, algumas muito bem representadas (*Coleoptera*, *Lepidoptera*, *Diptera*), outras menos (*Ephemeroptera*, *Mecoptera*, *Trichoptera*), devido até mesmo à deterioração dos habitats. Os exemplares eram enviados a especialistas do Brasil e do exterior, e como resultado das suas identificações a coleção apresenta 631 espécies de *Diptera*, 564 de *Coleoptera*, 63 de *Hemiptera*, 46 de *Hymenoptera* e quatro de *Lepidoptera*. O nome de Fritz Plaumann

**Alguns espécimens da coleção entomológica de Fritz Plaumann.**



foto Jolô Bastos



foto Jorge Freitas

**Fritz Plaumann e a casa onde iniciou seu museu, em Seara, Santa Catarina.**

já está perpetuado em 139 espécies, dez gêneros, três subfamílias e uma família, esta de ácaros aquáticos. Muitos grupos, ordens e famílias de insetos da coleção não foram ainda classificados por especialistas, o que, quando for feito, deverá aumentar em muito o número de novas espécies para a entomologia.

Talvez o maior mérito da coleção de Plaumann seja representar a entomofauna de um estado brasileiro sem tradição nesse campo (com a exceção do trabalho de outro alemão, Fritz Muller, na segunda metade do século XIX), além de constituir um acervo entomológico que documenta um tipo de formação vegetal — a floresta de *Araucaria* — que hoje já se encontra quase completamente destruído.

Na falta de um local onde trabalhar com o material e mantê-lo na coleção, Plaumann transformou sua casa em verdadeiro laboratório e museu. Construiu uma área para trabalho, com bancadas, estufa e estantes, que funciona como sala de atendimento para visitantes, pesquisadores ou meros curiosos. Próximos à casa, ergueu um barracão para criação de formas jovens de insetos (ninfas, larvas e pupas) e observação de acasalamento dos insetos. Para obter material de trabalho (sobretudo alfinetes entomológicos e livros), ele vendia parte de suas coletas para pesquisadores, no país e no exterior. Esse procedimento sempre foi muito criticado por pesquisadores brasileiros, mas se imaginarmos sua dificuldade em conseguir material de precisão para trabalhar em entomologia há 30 ou 40 anos, num local tão distante como o oeste catarinense e sem apoio financeiro de nenhuma ordem, talvez não devêssemos ser tão críticos.

Em 1983, já sentindo o peso da idade, Plaumann iniciou entendimento com a Universidade Federal do Paraná e com a Universidade Federal de Santa Catarina, para venda de sua coleção entomológica. Após ver frustradas ambas as negociações, a Prefeitura Municipal de Seara comprou-a por um preço simbólico, passando também a pagar um salário a Plaumann e comprometendo-se a construir um Museu de Entomologia, para abrigar a coleção e fornecer infra-estrutura básica a pesquisadores visitantes.

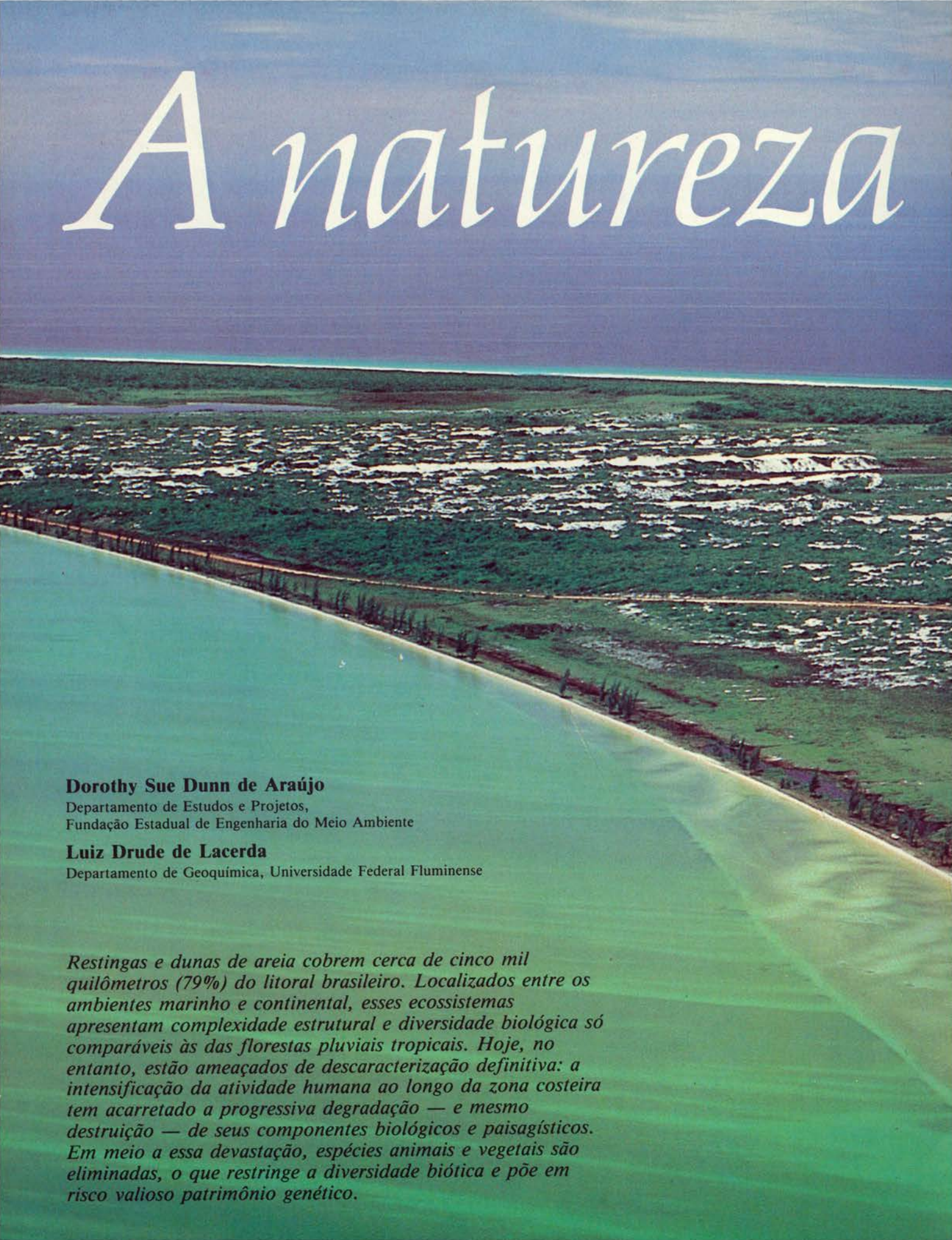
Desde 1984 o Museu vem sendo construído, com verbas federais, estaduais e municipais. Uma vez pronto, terá 558 metros quadrados, distribuídos em três pavimentos: o térreo se destinará à direção e ao atendimento do público; o primeiro andar, com acesso somente a pesquisadores, abrigará a sala da coleção, a sala de apoio e a biblioteca; no terceiro haverá quartos para pesquisadores. É meta da Prefeitura de Seara inaugurá-lo ainda em 1988. A Universidade Federal de Santa Catarina mantém um convênio com a Prefeitura, de caráter técnico e científico, além de servir como intermediária na solicitação de verbas junto a órgãos financiadores.

Hoje, aos 85 anos, Plaumann tem como único sonho ver concluído o Museu de Entomologia e ainda continua coletando insetos. Não mais nas matas, agora destruídas ou deterioradas, mas nos jardins e espaços próximos à sua casa. Ele também registra os dados de temperatura, vento e precipitação pluviométrica todos os dias do ano, três vezes ao dia — e isso desde 1924.

**Benedito Cortês Lopes**  
Departamento de Biologia,  
Universidade Federal de Santa Catarina



# A natureza



**Dorothy Sue Dunn de Araújo**

Departamento de Estudos e Projetos,  
Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

**Luiz Drude de Lacerda**

Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense

*Restingas e dunas de areia cobrem cerca de cinco mil quilômetros (79%) do litoral brasileiro. Localizados entre os ambientes marinho e continental, esses ecossistemas apresentam complexidade estrutural e diversidade biológica só comparáveis às das florestas pluviais tropicais. Hoje, no entanto, estão ameaçados de descaracterização definitiva: a intensificação da atividade humana ao longo da zona costeira tem acarretado a progressiva degradação — e mesmo destruição — de seus componentes biológicos e paisagísticos. Em meio a essa devastação, espécies animais e vegetais são eliminadas, o que restringe a diversidade biótica e põe em risco valioso patrimônio genético.*



# *das restingas*



Na restinga de Massambaba (RJ), que separa a lagoa de Araruama e o mar, a vegetação em muitos domina a paisagem.



Variações no nível dos oceanos ocorridas já na época holocena, entre sete e dois mil anos atrás, ocasionaram a formação, ao longo do que é hoje a costa brasileira, de vastas planícies sedimentares arenosas, particularmente bem desenvolvidas nos litorais oriental e meridional. Em consequência das transgressões e regressões marinhas — movimentos de avanço e recuo das águas do mar com relação ao continente — elas tomaram a forma de uma sucessão de cordões litorâneos arenosos. Após a deposição da areia pelo mar, as tempestades, as correntes litorâneas e os ventos passaram a modelar uma topografia complexa e diversificada, que pode assumir a forma de altas barreiras que bloqueiam a foz dos rios ou separam lagunas do mar, de dunas móveis de altura variável ou ainda de planícies de cordões arenosos e relevo pouco acidentado.

Esses depósitos arenosos são em geral cobertos por comunidades vegetais características e também muito diversas, como campos ralos de gramíneas, matas fechadas de até 12 metros de altura ou brejos com densa vegetação aquática. A esse conjunto de formações geomorfológicas e às diferentes comunidades biológicas que as ocupam dá-se o nome genérico de restingas.

Nos litorais oriental e meridional do Brasil — sobretudo no norte do Espírito Santo, no sul da Bahia e no Rio de Janeiro — formaram-se largas planícies. Ao redor da desembocadura do rio Paraíba do Sul (RJ), a planície chega a avançar 30 quilômetros sobre o continente. Em outros trechos, as restingas isolaram do mar grandes lagunas, como em Araruama (RJ), ou formaram ilhas de dimensões consideráveis, como as ilhas Comprida e de Cananéia, no sul do estado de São Paulo. No extremo sul do país, de clima temperado, a costa é tomada por largas planícies de areia, grandes lagunas e altas dunas migratórias.

Na faixa equatorial, as restingas são pouco frequentes. Entre o rio Oiapoque e a baía de São Luís (MA), o litoral é dominado por manguezais (ver “Manguezais: florestas de beira-mar”, em *Ciência Hoje* n° 13), favorecidos pelos abundantes sedimentos trazidos pelas águas do rio Amazonas e pela amplitude das marés.

No litoral nordestino, entre o rio Parnaíba (PI) e o Recôncavo Baiano, o traço característico são os tabuleiros da formação Barreiras. Acima do cabo de São Roque (RN), num trecho de clima semi-árido, grandes dunas movediças, em geral desprovidas de vegetação, erguem-se até cem metros de altura. Ao sul desse cabo até o Recôncavo, o litoral, submetido a um clima superúmido, apresenta planícies estreitas, frequentemente interrompidas por formações terciárias, responsáveis por costas escarpadas à beira-mar.



Quatro grandes regiões do litoral brasileiro com feições geomorfológicas diferentes.

A fauna e a flora das restingas formam, em seu conjunto, associações bem típicas, embora compostas por animais e plantas encontrados nos mais diferentes ecossistemas, desde a mata atlântica à amazônica. Assim, por exemplo, encontram-se nelas a maria-fernanda (*Posoqueria latifolia*), a aricança (*Geonoma schottii*) e *Casearia commersoniana*, da família das flacurtiáceas, espécies típicas da mata atlântica. Com as campinas amazônicas, as restingas têm em comum a presença do umiri (*Humiria balsamifera*) e com os campos rupestres, a de *Mandevilla moricandiana*, um cipó da família dos apocináceos, e *Marcetia taxifolia*, uma pequena melastomácea (ver “Campos rupestres: paraíso botânico na serra do Cipó”, em *Ciência Hoje* n° 25).

Existem também espécies endêmicas das restingas, como o mostrou um levantamento feito no Rio de Janeiro. Os estudos, ainda incompletos, sobre a distribuição total das 700 espécies arroladas indicam porém baixo nível de endemismo (18 espécies ou 2,6%).

Com relação à fauna, talvez por causa da escassez de estudos zoogeográficos dirigidos, conhecem-se poucos casos de endemismo, todos por enquanto concentrados nos grupos inferiores. Nas restingas do

Rio de Janeiro, foram encontradas, entre outras, as seguintes espécies endêmicas: o lagarto branco da praia (*Liolaemus lutzae*), restrito à zona da anteduna (aquela que beira a praia, estando ainda sujeita a lavagem pelo mar nas ressacas) e ao cômodo (a crista do cordão arenoso), onde é camuflado pelo meio arenoso; a borboleta-da-praia (*Parides ascanius*), cuja lagarta se alimenta das folhas da jarriinha (*Aristolochia macroura*), só presente na vegetação densa à beira da praia; a libélula *Leptagrion andromache*, que completa seu ciclo vital na água depositada entre as folhas dos gravatás.

De modo geral, as restingas podem ser consideradas áreas de extensão de espécies animais e vegetais características de outros ecossistemas, que nelas ocorrem em razão da diversidade das condições físicas que ali se apresentam.

nível médio do mar

halofitas e psamofitas reptantes | arbustiva baixa e fechada

Fonte: J. D. da Silva, *Brasil: a terra e o homem*, 1964.



Comumente, a vegetação das restingas apresenta zonas bem definidas. A complexidade das comunidades aumenta na medida em que estão mais distantes do oceano e a composição faunística é determinada pelos fatores ambientes locais, como a topografia, a proximidade do mar, as condições do solo, a profundidade do lençol freático, bem como pelas diferentes interações biológicas entre os componentes das diferentes comunidades. O perfil esquemático de uma restinga típica, com suas diferentes zonas de vegetação, é mostrado na figura abaixo.

A vegetação da praia compõe-se normalmente de plantas herbáceas de caules longos e prostrados. Estes, denominados estolões, funcionam como barreiras à movimentação da areia. A composição florística dessa zona é semelhante ao longo de toda a costa brasileira. Algumas espécies — como o feijão-da-praia (*Canavalia rosea*) e a salsa-da-praia (*Ipomoea pes-capre*) — têm mesmo ampla distribuição nas praias tropicais do mundo inteiro. Nessa zona, que sofre grande influência do mar, podendo até ser alagada durante tempestades, as plantas suportam as altas concentrações de sais, presentes no meio, através de adaptações como a suculência das folhas e o desenvolvimento de formas de excreção que lhes permitem manter determinados níveis de concentração interna desses sais. Algumas dessas adaptações são muito semelhantes àquelas encontradas em plantas de manguezais.

A zona da praia estende-se em faixas que podem ter de poucos metros a algumas centenas de metros de largura, cobrindo dunas que, em geral, têm menos de dois metros de altura. Em algumas regiões, como no litoral do Rio Grande do Norte, são frequentes dunas de origem eólica de até cem metros de altura, muitas vezes sem vegetação.

Em certos trechos de nossa costa, menos atingidos pela atividade humana, a zona da praia se restringe a uma estreita faixa ao longo do mar. Logo depois tem início uma vegetação densa e arbustiva, quase impe-



fotos Lena Trindade



netrável, composta de bromélias espinhentas, cactos e outros arbustos de galhos rígidos. Nessa comunidade, muito influenciada pelos ventos, as copas parecem ter sido penteadas para o lado do mar. Essa zona é logo sucedida por uma mata baixa de restinga (em lugares mais preservados), ou por uma comunidade de moitas e clareiras, a que geralmente corresponde o conceito popular de restinga. Por vezes, um sistema de múltiplos cordões arenosos desce até um brejo ou lagoa.

As dunas altas da região de Cabo Frio (acima) são apenas parcialmente fixadas pela vegetação. Na zona da praia, *Canavalia rosea* (abaixo, à esquerda) e outras plantas estão adaptadas ao ambiente dinâmico, com movimentação de areia e lavagem pelas ondas. *Marcetia taxifolia* (abaixo, à direita), uma pequena melastomácea, ocorre sempre nos lugares mais úmidos das restingas, chegando a dominar extensas áreas.

Abaixo, perfil esquemático de uma restinga típica, com suas várias zonas de vegetação.







O cordão arenoso da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, na Ilha Grande (RJ), forma, com sua densa vegetação, uma barreira impenetrável na beira da praia.

A formação de restingas paralelas à linha da costa dá origem muitas vezes a sistemas de cordões intercalados por depressões, que podem ser ocupadas por longas e estreitas lagoas ou por extensos brejos. A formação dessas extensas áreas alagadas, que em anos muito chuvosos podem ter até 60 centímetros de profundidade, se deve ao afloramento do lençol freático. Dominam aí as plantas higrófilas (que crescem em locais úmidos), principalmente gramíneas e ciperáceas. Ao contrário das dunas, essas áreas têm o solo coberto por espessa camada de matéria orgânica, de até 30 centímetros de profundidade, formando verdadeiras turfeiras. Diversas espécies de animais utilizam-se desses verdadeiros oásis para nidificação e alimentação. São comuns, nesses locais, garças e socós. Pequenos mamíferos, roedores e marsupiais são também frequentes nas suas proximidades, onde o alimento é abundante.

Ainda que raramente, é possível encontrar, tanto nessas depressões como nas margens das lagoas, florestas bem desenvolvidas, que ainda resistem à devastação humana. São matas densas e sombrias, com árvores que chegam a dez ou 15 metros de altura, sendo *Symphonia globulifera* e *Calophyllum brasiliense* (o guanadi) as espécies mais comuns. A camada de detritos no solo é espessa e, em época de chuva, alguns centímetros de água podem cobrir o chão. Certas palmeiras são características dessas florestas, entre elas o palmito (*Euterpe edulis*) e a uva-do-mato (*Bactris setosa*). O chão é forrado por um tapete contínuo de bromélias, com espécies que variam de uma mata para outra, segundo a região geográfica (ver “Bromélias” e “Bromélias na tra-

ma da malária” em *Ciência Hoje* n.º 13 e 21). Em áreas onde o chão é permanentemente coberto por água, a floresta é muito menos densa e dominada pelo pau-de-tamanco (*Tabebuia cassinoides*). Em estado nativo, essas matas eram compostas de altas árvores com troncos grossos e galhos repletos de epífitas, como o atestam os depoimentos de naturalistas que as atravessaram no século passado, como o francês Auguste de Saint Hilaire e o príncipe de Wied Neuwied, alemão.

Após a zona alagada, vegetações de vários tipos fisionômicos estendem-se continuamente adentro, sobre o cordão interno de restinga (cordão arenoso mais antigo e mais afastado do mar). Em nossos dias, no estado do Rio de Janeiro, predomina uma

formação baixa, dominada por *Allagoptera arenaria*. Esta pequena palmeira sem caule, conhecida como guriri, tem um órgão subterrâneo grosso e resistente que lhe permite sobreviver às frequentes passagens de fogo por essas áreas. Associadas ao guriri, encontram-se outras espécies também resistentes ao fogo, como o murici (*Byrsonima sericea*) e as bromélias *Neoregelia cruenta* e *Vriesea neoglutinoia*.

Em lugares menos expostos à ação deletéria do homem, a vegetação, mais alta e mais robusta, forma moitas intercaladas de clareiras e, por vezes, uma mata baixa e contínua. Aí, as plantas têm características xeromórficas, isto é, apresentam adaptações morfológicas que aumentam sua resistência ao ambiente relativamente seco dos cordões arenosos. As folhas são geralmente suculentas — isto é, capazes de armazenar água — e envolvidas por uma grossa epiderme, que reduz a perda por evaporação.

As espécies da família das mirtáceas são muito comuns nesse tipo de vegetação, sendo os gêneros *Eugenia* e *Myrcia* especialmente bem representados. Além de sua beleza e valor ornamental — com profusão de flores brancas e perfumadas —, essas plantas dão frutos abundantes e saborosos, importantes para a alimentação da fauna, sobretudo pássaros. Já a família das gutíferas se faz notar não pelo número de espécies, mas pela quantidade de indivíduos. O gênero *Clusia* (abacero) domina a vegetação das moitas, e *Rheedia* (bacopari), a vegetação arbustiva fechada. À volta das moitas formando tapetes contínuos sob a vegetação cerrada, ou ainda como epífitas nos arbustos e pequenas árvores, estão as bromélias, das quais só nas restingas do estado do Rio de Janeiro se contam mais de 40 espécies.



Nas restingas, é comum observar-se um anel de bromélias terrestres (como *Aechmea nudicaulis*) em volta das moitas de vegetação.



# Conservação e manejo

A diversidade de habitats faz das restingas brasileiras um dos mais complexos ecossistemas existentes. Essa característica, que por um lado lhes confere especial interesse e valor, é em parte responsável, por outro lado, por sua fragilidade e extrema susceptibilidade às perturbações causadas pelo homem.

Ambientes onde o mar e as lagunas asseguram alimentação farta, as restingas vêm há muito sendo ocupadas pelo homem. Numerosos vestígios encontrados em nosso litoral, como os sambaquis, atestam sua ocupação pelo homem pré-histórico (ver "Sambaquis na pré-história do Brasil", nesta edição). Com a chegada dos colonizadores, a exploração dos recursos naturais tomou vulto e, cada vez mais, os complexos e frágeis ecossistemas das restingas foram sendo degradados. A derrubada de grandes extensões de mata é talvez a mais antiga agressão que vêm sofrendo esses ecossistemas. A exploração das espécies ditas nobres para extração de madeira de construção e, mais recentemente, de lenha para cerâmicas e padarias já provocou a devastação de quase todas as matas de restinga, principalmente no litoral fluminense.

Não raro, após o desmatamento, atea-se fogo aos restos vegetais e utiliza-se o solo para fins agrícolas ou pecuários. No litoral norte do estado do Rio de Janeiro, às margens da lagoa do Robalo, vem sendo implantado o cultivo do abacaxi nas restingas. Como se não bastasse, utilizam-se, como adubo, as turfeiras da própria restinga. Na mesma região, também os canais estão invadindo esses ecossistemas, após "tratamento" do solo arenoso com vinhoto destoxificado e seco.

Cidades como o Rio de Janeiro cresceram em detrimento de restingas. Assim, foram destruídas as de Botafogo, da Ilha do Governador, Copacabana, Ipanema, Leblon e Barra da Tijuca. Nos últimos 20 anos, a especulação imobiliária — cujo raio de ação foi ampliado pela abertura de boas estradas de acesso ao litoral — tornou-se a mais grave ameaça a esses sistemas. Assim, já desapareceu a vegetação da maior parte das restingas do litoral sul fluminense, da baixada de Jacarepaguá, de Itaipu, de Itaipuaçu, parte das de Maricá, Saquarema, Araruama, Cabo Frio, Barra de São João, Rio das Ostras, São Tomé e São João da Barra. Quando não destrói por completo o ambiente natural, a instalação desses empreendimentos implica a eliminação de uma flora diversificada e abundante, com

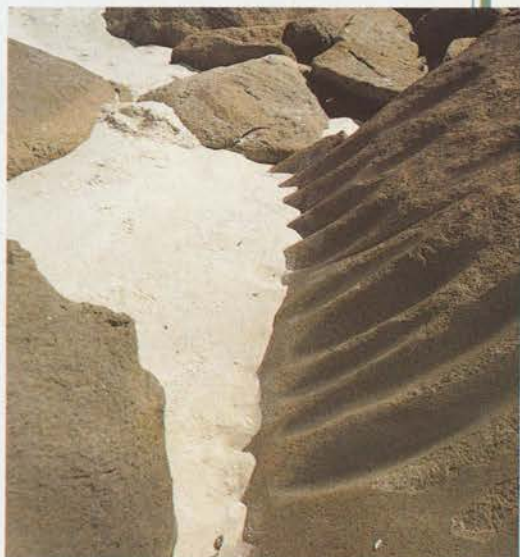
a conseqüente extinção de espécies associadas da fauna. Nem sequer se aproveitam, nessas ocasiões, as numerosas plantas de grande valor ornamental que crescem nas restingas, como figueiras, quaresmeiras, cássias, ingás, pitangueiras, maracujás, buganvílias, gravatás, orquídeas e antúrios. E isso não é tudo: sobre os raros trechos onde a vegetação permanece razoavelmente preservada, pairam as mais diversas formas de ameaça: extração de areia e de turfa, uso de veículos recreativos, presença de bovinos e caprinos, caça e pesca (nas lagunas), e até aterros de lixo.

Na restinga de Massambaba (RJ), que separa a lagoa de Araruama do mar, um aterro de lixo que recebe os despejos diários de três municípios está destruindo gradativamente o habitat da *Cattleya intermedia*, orquídea belíssima que cresce nas orlas das moitas que cobrem as dunas da região. Essa espécie, que ocorre também, como epífita, nas restingas do sul do país, está ameaçada de extinção no estado do Rio de Janeiro. Para a proteção não só dessa espécie como dos diversos ecossistemas de restinga que ali ocorrem, são indispensáveis a criação de uma unidade de conservação na área (não incluída na recém-criada Área de Proteção Ambiental de Massambaba) e a adoção de medidas que restrinjam o parcelamento da terra para fins de urbanização e proibam a alteração do perfil natural dos terrenos, a abertura de logradouros públicos e a edificação.

Outra área que demanda urgentes medidas de conservação é a que separa as lagoas de Cabiúnas e Carapebus, no litoral de Macaé (RJ). As densas matas e outras comunidades típicas de restinga, ali remanescentes, abrigam espécies botânicas não encontradas no restante do estado, como o gravatá (*Aechmea multiflora*), *Persea aurata*, da família das canelais, e *Turnera lucida*, da família das turneráceas, além de populações isoladas de *Vernonia crotonoides*, espécie dos campos rupestres de Minas Gerais.

Do ponto de vista legal, esses ecossistemas já se encontram protegidos, uma vez que as formações florísticas de restinga são consideradas de preservação permanente pela Lei Federal nº 4.771 (Código Florestal), de 15 de setembro de 1965, e pela Resolução nº 4 de 18 de setembro de 1985 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

Só o disciplinamento da ocupação do solo, nos termos estabelecidos pelo Código Florestal, e a fiscalização pelos órgãos pú-



Na Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, a presença de populações indígenas é atestada pelas oficinas líticas encontradas nas pedras existentes nos pontos mais protegidos das praias.

blicos (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Secretaria Especial do Meio Ambiente e órgãos estaduais de preservação ambiental) e pela comunidade propiciarão condições para que as restingas ainda não destruídas recuperem suas estruturas e funções originais, podendo recobrar suas populações vegetais e animais, o que trará grandes benefícios também à população humana. A fixação, por uma cobertura vegetal, do substrato arenoso, sujeito à ação erosiva do vento, evitará problemas de bloqueio de estradas e invasão de habitações, além de atenuar o assoreamento de brejos, lagunas e canais. Essa cobertura vegetal contribuirá ainda para manter o substrato permeável, permitindo que a água das chuvas alimente o lençol freático, cujo nível, por sua vez, garante o fornecimento de água potável na região e a manutenção do nível dos corpos d'água.

Outra providência de importância capital seria a criação de um banco genético, pois o potencial de uso das espécies das restingas — em termos de alimentação, farmacologia, possibilidade de extração de resinas e corantes e até de paisagismo — é muito superficialmente conhecido. Além disso, a preservação da diversidade característica das restingas requer a conservação de ecossistemas inteiros, inclusive para a realização de pesquisas (ver "A necessária diversidade da vida", em *Ciência Hoje* nº 26, p.90). A preservação de espécies raras ou já escassas da biota nativa será certamente benéfica para o meio ambiente regional, uma vez que, num ecossistema, não há papéis secundários: cada organismo tem função relevante.





sim, colonizar áreas onde não sobreviviam plantas que dependem de raízes para absorver água e nutrientes.

As folhas da bromélia, quando morrem, permanecem presas ao corpo da planta, enquanto a parte que fica em contato com o solo mais rico se decompõe lentamente. Esse material morto e depositado torna o solo mais rico em matéria orgânica, bem como mais capaz de reter água e nutriente. Assim, protege-o da lixiviação intensa durante as chuvas e torna-o suficientemente rico para ser colonizado por espécies vegetais mais exigentes.

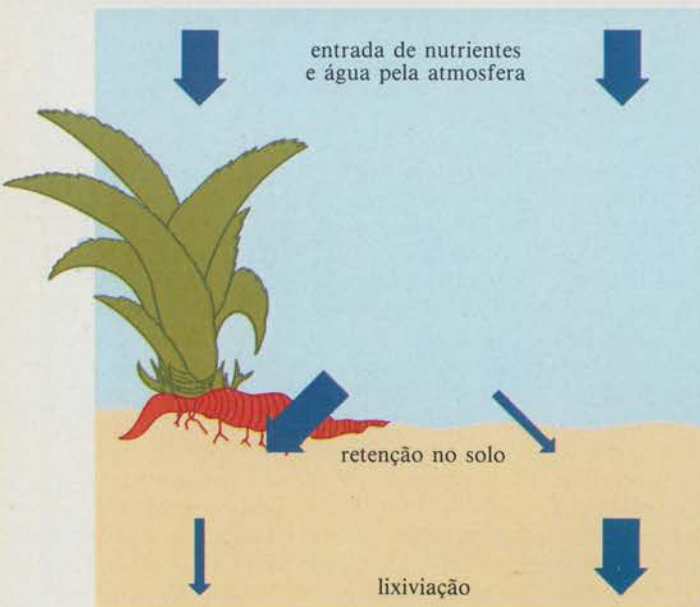
Quando áreas previamente ocupadas por populações de bromélias são colonizadas por espécies arbustivas e arbóreas, elas passam a crescer vegetativamente sobre as copas, "fugindo" assim da competição pela luz, processo que lhes permite manter seus elevados níveis de densidade. Descrito pela primeira vez por um de nós (L.D. de Lacerda) e John Hay nas restingas do litoral do estado do Rio de Janeiro, ele talvez constitua um dos principais mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento de vegetação nos ecossistemas de restinga.

Dada essa diversidade de mecanismos ecológicos, a estabilidade dos ecossistemas de restinga depende estreitamente da preservação de seus componentes biológicos. A retirada da vegetação acarreta a lavagem acelerada dos nutrientes, que são carregados para as profundezas do solo, fora do alcance das raízes, num processo de empobrecimento gradual do sistema. Em estágios mais avançados de degradação, o solo sofrerá intensa erosão pelos ventos, o que pode ocasionar a formação de dunas móveis — um grave risco para o ambiente costeiro e, particularmente, para a população da faixa litorânea.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- HAY J.D. e LACERDA L.D., "Alterações nas características do solo após a fixação de *Neoregelia cruenta* (R. Grah.) L.B. Smith (*Bromeliaceae*) em um ecossistema de restinga", *Ciência e Cultura*, vol. 32, nº 7, 1980.
- KNEIP L.M., PALLESTRINI L. e CUNHA F.L. de S., *Pesquisas arqueológicas no litoral de Itaipu, Niterói, Rio de Janeiro*. Niterói, Cia. de Desenvolvimento Industrial, 1981.
- LACERDA L.D., ARAÚJO D.S.D., CERQUEIRA R. e TURCQ B. (orgs.), *Restingas: origens, estrutura, processos*. Niterói, CEUFF, 1984.
- LACERDA L.D., ARAÚJO D.S.D. e MACIEL N.C., "Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast", in *Dry coastal ecosystems of the world* (E. van der Maarel, org.). Amsterdam, Elsevier Publ. Co., 1986.
- LAMEGO A.R., *O homem e a restinga*. Rio de Janeiro, IBGE, 1946.
- SILVEIRA J.D., "Morfologia do litoral", in *Brasil: a terra e o homem* (A. de Azevedo, org.), vol. 1. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1964.



Nas praias de restinga mais bem preservadas, os galhos das árvores são repletos de epífitas (acima).

**Relação entre a bromélia *Neoregelia cruenta* e os nutrientes do solo (ao lado).**

mélias, que absorvem água e nutrientes sobretudo pelas folhas. É comum, em colônias de epífitas que vivem em matas de restinga, formarem-se verdadeiros solos aéreos, ricos em matéria orgânica graças à capacidade de reter água e nutrientes. No solo, a maioria das plantas tem sistemas radiculares extensos e superficiais que aumentam significativamente sua superfície de absorção, contribuindo ainda para a fixação do substrato de areia móvel. Por outro lado, a deposição de partes mortas das plantas aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes do solo.

As bromélias são o exemplo por excelência dessas adaptações. Presentes por toda parte nas restingas, essas plantas chegam a somar em certas áreas 85 indivíduos por 100 metros quadrado, formando moitas de vegetação em meio a grandes extensões de areia desnuda. O sistema de raízes dessas plantas, extremamente modificado, serve fundamentalmente para fixá-las no substrato, tendo pouca ou nenhuma capacidade de absorver nutrientes do solo. É por meio dos vasos formados entre suas folhas (dispostas em forma de roseta) que elas coletam, da atmosfera, água e nutrientes, depois diretamente absorvidos pelas folhas. Diversas espécies de bromélia podem, as-

Os ecossistemas de restinga se caracterizam por solos arenosos. Pobres em argilas e em matéria orgânica, eles têm baixa capacidade de reter água e nutrientes, essenciais à manutenção dos componentes biológicos do sistema. Diferentemente do que ocorre na maioria dos ecossistemas terrestres, na restinga o solo não constitui a principal fonte de nutrientes. Dada a proximidade do mar, essa fonte é a maresia presente na atmosfera.

Para obter maior eficiência na captação dos nutrientes e da água de origem atmosférica, desenvolveram-se nesses ecossistemas características que atuam na interceptação da precipitação em nível tanto da cobertura vegetal como do solo. No primeiro caso, as matas de restinga são povoadas por grande e diversificado estrato de epífitas, entre as quais se destacam as bro-



# SOJA

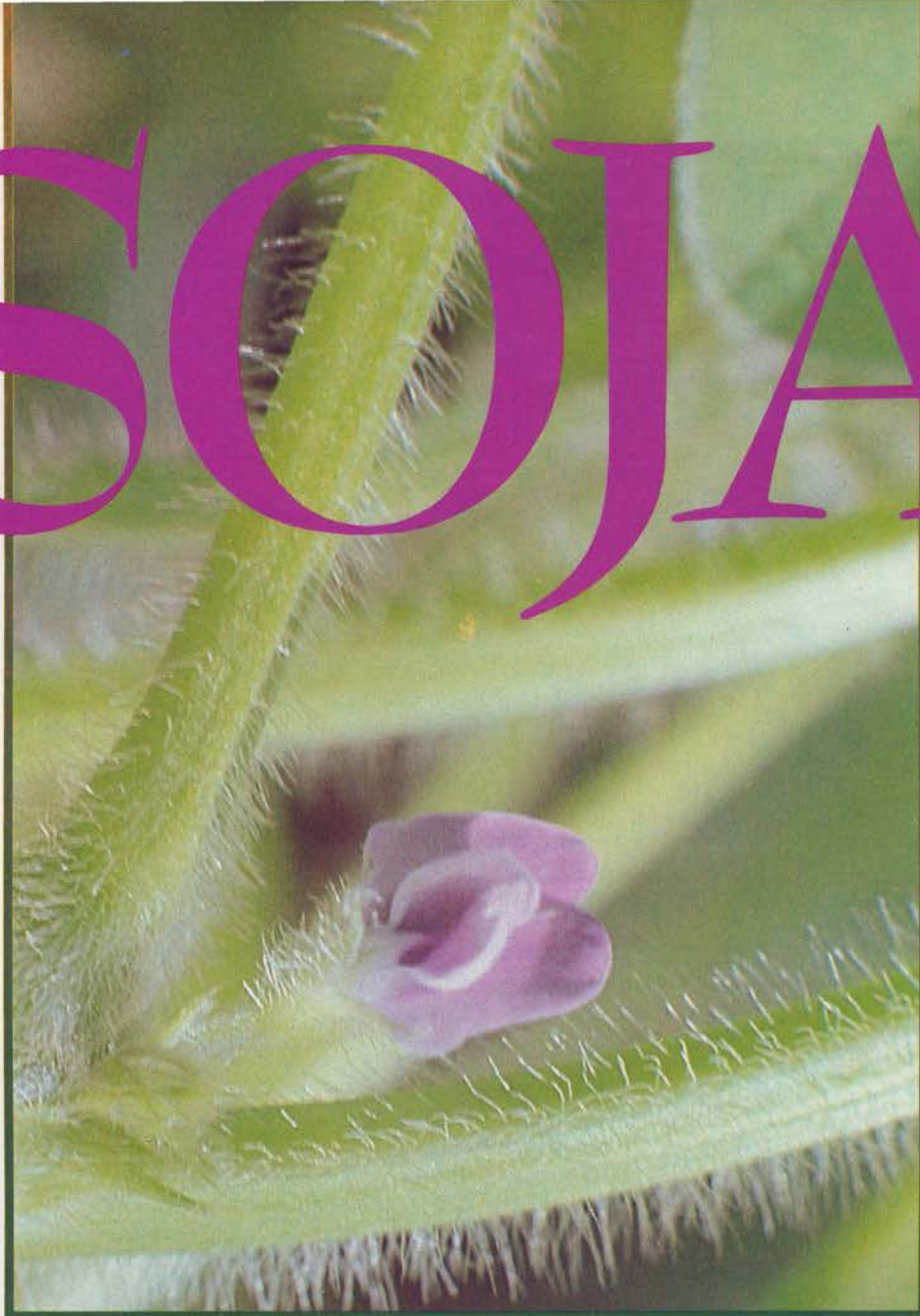


foto A. R. Panizzi

## PROTEÍNA PARA MILHÕES

**Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi**

Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

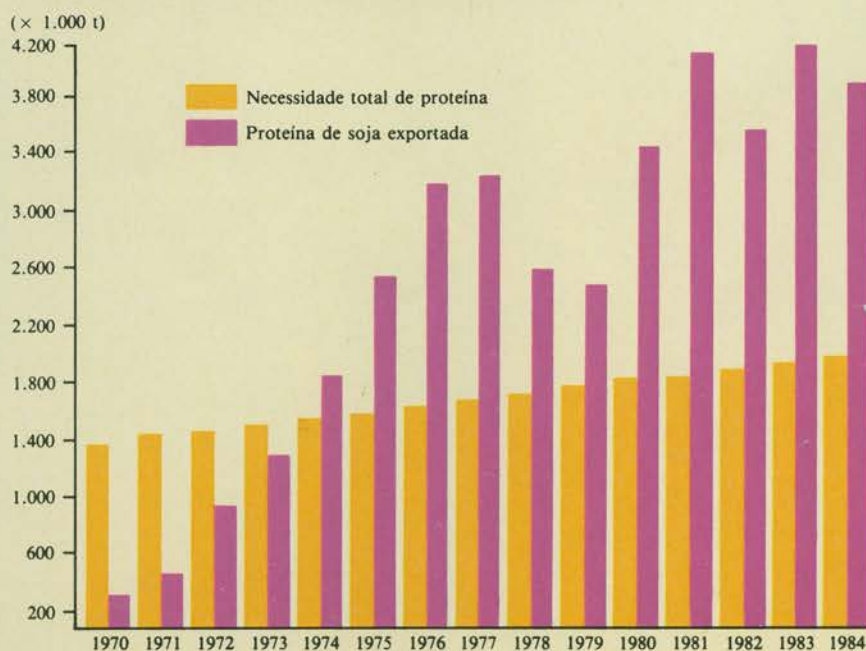
Melhorar o balanceamento de aminoácidos essenciais, aumentar o teor de proteína, adequar a aparência, diminuir a presença de fatores antinutricionais e modificar o sabor são alguns desafios colocados aos cientistas que trabalham com a soja, leguminosa plantada em grande escala e que apresenta alto valor nutritivo, especialmente se ingerida junto com cereais.



Dezenas de milhões de brasileiros vivem em estado de desnutrição. Grave por si só, este fato se torna patético quando se constata que não deriva de uma eventual insuficiência na produção de alimentos, mas da forma como estes são distribuídos e do baixo poder aquisitivo da população. Para ficar apenas em um exemplo que agora nos interessa diretamente: desde 1980, nosso país exporta a cada ano uma quantidade de soja (*Glycine max*) que corresponde a quase o dobro das necessidades protéicas de toda a sua população. Para chegar a tal resultado, basta utilizar os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (necessidade média de 15 quilos de proteína por ano por habitante), os resultados dos censos (cerca de 135 milhões de habitantes) e dados oficiais sobre o desempenho dessa lavoura. Em 1982, por exemplo, produzimos 4.169.148 toneladas de proteína de soja, 85,6% das quais foram destinadas ao mercado externo (figuras 1 e 2).

Com uma safra anual média de 14 milhões de toneladas, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (ver “O

**1** Necessidade total de proteína para consumo humano no Brasil e proteína exportada na forma de grãos e farelo de soja



Fonte: Instituto de Tecnologia de Alimentos

## O AVANÇO DA SOJA NA PAISAGEM BR

No final dos anos 60, o plantio da soja no Brasil começou a apresentar rápida expansão. Ao mesmo tempo em que o país iniciava um esforço de promoção de suas exportações, visando à obtenção do aporte financeiro necessário para o período de crescimento econômico acelerado, que então gestava, ocorria uma ampliação do mercado mundial de soja e seus derivados.

A política adotada pelo governo brasileiro incluiu a criação de linhas especiais de crédito a juros subsidiados e a concessão de isenções tributárias e de créditos-prêmios às exportações. Na área cambial, a prática de minidesvalorização do cruzeiro frente ao dólar reduziu, consideravelmente, a variação da taxa de câmbio, em termos reais, ao longo de cada ano. Reservava-se à agricultura a tarefa de gerar divisas através da exportação de produtos tradicionais e de, no plano interno, fornecer alimentos aos centros urbanos, a preços suficientemente baixos, de forma a minorar as pressões altistas sobre os salários industriais.

No mercado internacional, as cotações da soja e seus derivados tiveram grande incremento, graças ao crescimento simultâneo dos rebanhos na Europa Ocidental e nos Estados Unidos, onde o plantel bovino esteve quase estagnado até o início dos

anos 70. Em consequência, cresceu muito a demanda por soja, em especial para o fabrico de rações. O desequilíbrio entre a oferta e a demanda tornou-se ainda mais sério no ano-safra 1972/73, por causa das quebras registradas na produção de grãos, principalmente nos países asiáticos. Foi quando a URSS recorreu, pela primeira vez, ao mercado mundial de soja em grão.

No Brasil, a agricultura sofreu, na década de 70, transformações rápidas e profundas, protagonizadas pela soja e a cana-de-açúcar. As chamadas culturas de exportação (como açúcar, cacau, café, laranja, soja e mamona) registraram avanços expressivos, o contrário do que ocorreu com os produtos destinados ao mercado interno (figura 3). A taxa de crescimento do arroz, do milho e do feijão, por exemplo, foi francamente insatisfatória frente ao aumento populacional. Quanto à mandioca — um dos principais alimentos das camadas de baixa renda — houve um declínio em termos absolutos.

Para contornar as crises de abastecimento interno, recorreu-se à importação de alimentos e ao tabelamento de preços. As crises resultaram na implantação de um modelo de crescimento econômico que segmentou a agricultura brasileira, em termos de rentabilidade. As “modernas” explora-

ções agrícolas são mais rentáveis, porque dispõem de “pacotes tecnológicos” que visam a baixar seus custos de produção. Criou-se um círculo vicioso: as lavouras mais rentáveis tiveram acesso à técnica e modernização — subsidiadas, inclusive, pelo governo — o que tornou sua posição ainda mais vantajosa em comparação à dos gêneros de abastecimento interno.

Em decorrência deste processo, a soja ocupou vastas áreas da região Sul (substituindo os cultivos tradicionais na maior parte das terras férteis e mecanizáveis) e de São Paulo, na década de 70, e cresceu vertiginosamente no Centro-Oeste e em Minas Gerais, nos anos 80. Um segundo ciclo de expansão vem ocorrendo nas áreas de cerrado, impulsionado pela criação, em 1975, do Polocentro — programa que injetou uma quantidade expressiva de recursos na região, a juros baixos, com financiamentos médios de 12 anos. O subsídio embutido nesse programa e no crédito rural para custeio e investimento acabou por viabilizar a soja nessas áreas. Após desmatamento e adição de calcário e nutrientes químicos, as terras de cerrado tornam-se agrícolas. A soja tornou-se, então, a melhor opção de lavoura temporária — garante retorno maior e mais constante aos agricultores.



## 2 Distribuição do consumo alimentar entre a população urbana do Brasil, por faixas de renda

| Classe | Renda familiar<br>(em salários mínimos) | % população<br>urbana | Consumo<br>(%) | Consumo<br>(em US\$ bilhões) |
|--------|-----------------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------|
| A      | > 34,5                                  | 7,7                   | 41,7           | 8,75                         |
| B      | 13,8 - 34,5                             | 16,7                  | 37,1           | 7,80                         |
| C      | 4,6 - 13,8                              | 31,9                  | 18,6           | 3,90                         |
| D      | 2,8 - 4,6                               | 43,7                  | 2,6            | 0,55                         |
| E      | < 2,8                                   |                       |                |                              |

Fonte: "O esquecido mercado das classes C, D e E", Folha de São Paulo, 30/9/1984.

avanço da soja na paisagem brasileira"). Essa leguminosa é o único vegetal plantado em larga escala cuja proteína substitui a contento a proteína de origem animal. Por sua economicidade e abundância, ela aparece como importante alternativa para o suprimento calórico-protéico das populações humanas, fato aliás incorporado às estratégias alimentares de muitos países desenvolvidos, que a utilizam das mais diversas maneiras — *in natura*, como ingrediente de produtos industrializados ou como carne vegetal (no hambúrguer).

Mas, entre nós, a aceitação da soja permanece problemática. De seus subprodutos, só o óleo e a margarina são consumidos de forma mais ampla. Contribuem para isso o sabor desagradável da leguminosa, sua excessiva identificação com receitas exóticas e a crença popular de que ela faz mal à saúde, causando raquitismo ou provocando má digestão. De fato, a digestibilidade da proteína da soja é pouco menor que a do ovo (a mais digerível de todas as proteínas). Quanto ao seu valor nutricional, é o que analisaremos detidamente.

**T**ão explorada no Brasil como fornecedora de óleo, a soja é no entanto muito mais rica em proteína.

Sua semente apresenta a seguinte composição média: 5,4% de cinzas, 2,3% de fibras, 20% de óleo, 32,3% de carboidratos e 40% de proteína. A figura 4 mostra a quantidade, a qualidade e o custo dessa proteína, comparada à do feijão e à de alimentos de origem animal. Com base nos coeficientes de eficiência protéica (CEP) — que expressam a relação entre ganho de peso e proteína consumida — pode-se calcular que, do ponto de vista da qualidade, a proteína da soja tem 62% do valor da proteína da carne, 80% do valor da proteína do leite e 52% do valor da proteína do ovo. No tocante à quantidade, a soja fornece três vezes mais proteína que os ovos, 12 vezes mais que o leite, duas vezes mais que a carne e o feijão.

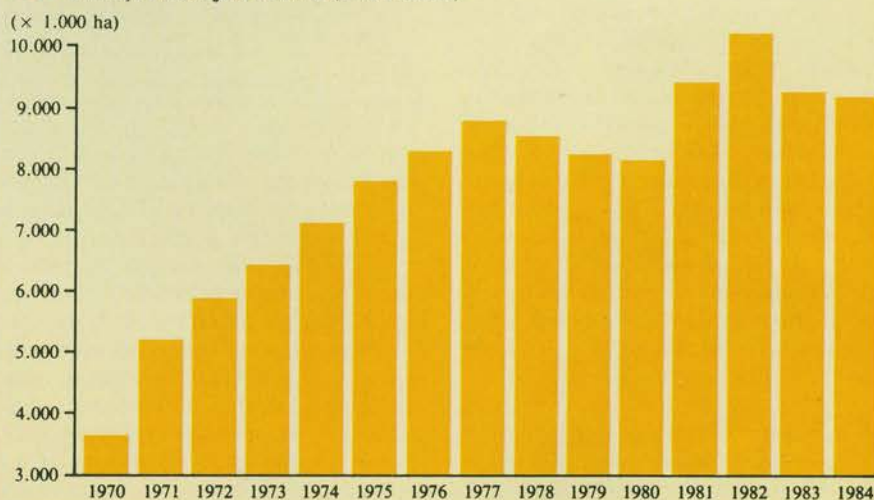
A qualidade de uma proteína é determinada pela presença simultânea, na composição de suas moléculas, de quantidades adequadas de aminoácidos essenciais, isto é, aqueles (num total de nove) que o organismo não sintetiza, devendo portanto ob-

## ASILEIRA

A queda persistente das cotações no mercado internacional, nas últimas duas safras, tem obrigado os agentes envolvidos na sua produção, industrialização e comercialização a repensar as estratégias de curto e médio prazos. Vem sendo cogitado o aumento do consumo interno, que tem como obstáculos os hábitos alimentares da população e o sabor apresentado pela soja e seus derivados na substituição de produtos tradicionais, como o leite. É válido tentar o aumento do uso da soja na alimentação humana, já que sua produção é abundante no país, mas cabe ressaltar que a chamada questão alimentar está centrada na distribuição de renda, e não na oferta insuficiente de produtos básicos. A produção de gêneros para o mercado interno é insuficiente porque não há demanda que sustente preços remuneradores aos agricultores.

Como o governo está mais preocupado com os índices de inflação do que com as suas causas, as elevações dos preços de produtos básicos — por quebras de safra ou aumentos nos custos de produção, já que vêm sendo deslocados para terras menos férteis e mais distantes — são resolvidas por meio de importações, tabelamentos e vendas de estoques abaixo de seu custo. Se tais políticas resolvem momentaneamente o problema, a médio prazo o resultado tem

## 3 Evolução da soja no Brasil (área colhida)



Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

sido a estagnação ou a queda da produção de gêneros de abastecimento interno.

O cultivo da soja, evidentemente, não pode ser responsabilizado pelo desempenho das demais lavouras temporárias. É, no entanto, protagonista de um processo que se convencionou chamar "modernização conservadora", cujos efeitos sobre a agricultura são bastante amplos.

Outro aspecto é a concentração de terras, cujas consequências são a proletarianização e a marginalização de milhões de fa-

mílias que passaram a viver nas periferias das cidades ou partiram em busca da ocupação de novas áreas da Amazônia. Do ponto de vista ambiente, os efeitos são também bastante graves. O uso intensivo da terra, a utilização de produtos químicos e máquinas pesadas geraram a compactação do solo, a erosão e a contaminação de rios.

**Leila Tendrih**

Centro de Estudos Agrícolas,  
Fundação Getúlio Vargas



## 4 Custo e valor de proteínas de origem animal e vegetal

| Fontes de proteína | Proteína (%) | CEP*      | Preço (março 1986) | Preço/kg de proteína |
|--------------------|--------------|-----------|--------------------|----------------------|
| Ovos               | 13,0         | 3,8       | 9,00 (dúzia)       | 69,23                |
| Leite tipo C       | 3,2          | 2,5       | 2,58 (litro)       | 80,63                |
| Carne              | 20,0         | 3,2       | 30,00 (quilo)      | 150,00               |
| Feijão (grão)      | 20,0         | 1,0       | 8,00 (quilo)       | 40,00                |
| Soja (grão)        | 40,0         | 0,7-2,0** | 2,08 (quilo)       | 5,20                 |

(\*) CEP = coeficiente de eficiência protéica = ganho de peso/proteína consumida

(\*\*) Variação da soja crua à soja cozida

ter dos alimentos. Na eventual ausência de algum deles, os outros aminoácidos ingeridos são metabolizados em energia, deixando de ser aproveitados na síntese de tecidos e no crescimento.

A proteína dos alimentos de origem animal contém todos os aminoácidos essenciais em quantidades adequadas, sendo por isso a de melhor qualidade. A figura 5 mostra que, sob esse ponto de vista, a proteína da soja apresenta um balanceamento próximo aos padrões fixados pela Organização de Agricultura e Alimentação (FAO, órgão das Nações Unidas), embora sejam baixos os teores de metionina e cistina, aminoácidos sulfurados (que contêm enxofre na molécula). Estes últimos, no entanto, estão presentes em teores adequados nos cereais, que por sua vez apresentam quantidades limitadas dos aminoácidos lisina e triptofano. Por isso, os dois tipos de vegetal se complementam: da combinação de proteínas de qualidade inferior resultam outras, com todos os aminoácidos necessários. A qualidade da proteína resultante da combinação de soja com cereal é muito superior à de um deles isoladamente e tão boa quanto a do leite de vaca. É essa combinação, aliás, que assegura a sobrevivência de diversos povos do Terceiro Mundo, cuja dieta básica se resume a feijão e milho ou ao nosso conhecido feijão com arroz.

O germoplasma de soja contém de 28 a 48% de proteína. Graças ao melhoramento genético, os cultivares recomendados apresentam, em média, 40% de proteína. O teor de metionina — o aminoácido limitante — varia de 1 a 1,9 grama (g) por 16 gramas de nitrogênio (N). Experimentos têm demonstrado que a suplementação com metionina melhora a proteína da soja, provocando um balanço positivo de nitrogênio. Ou seja: neste caso, o organismo retém N, o que indica ocorrência de síntese de tecidos e utilização do N na formação de outros aminoácidos e, conseqüentemente, de proteína. Já se demonstrou também que 6 a 8 g diários de N protéico bastam para assegurar o balanço positivo de N, com ou sem suplemen-

## 5 Composição da proteína da soja em alguns aminoácidos (g/16g N)

| Aminoácidos  | Padrão (FAO) | Soja* |
|--------------|--------------|-------|
| Isoleucina   | 4,2          | 4,5   |
| Leucina      | 4,8          | 7,8   |
| Lisina       | 4,2          | 6,4   |
| Metionina    | 2,2          | 1,3   |
| Cistina      | 4,2          | 1,3   |
| Fenilalanina | 2,8          | 4,9   |
| Tirosina     | 2,8          | 3,1   |
| Treonina     | 2,8          | 3,9   |
| Triptofano   | 1,4          | 1,3   |
| Valina       | 4,2          | 4,8   |
| Arginina     | —            | 7,2   |
| Histidina    | —            | 2,5   |

GORDON J.F., "Algal proteins and the human diet", in *Protein as human food*, R.A. Lawrie (org.), Westport, 1970.

tação de metionina. Como 6 g de N de proteína de soja equivalem a 4,5 g de N de proteína de ovo, procede a afirmativa de que, quando o consumo de proteína é baixo, a metionina é limitante (ou seja, aparece em quantidade inferior ao padrão definido pela FAO para garantir a síntese de tecidos).

No entanto, um maior consumo de soja supera a inferioridade de sua proteína, comparada à do ovo. Já foi demonstrado que 38 g de proteína de soja são o bastante para fornecer os teores adequados dos aminoácidos sulfurados. Segundo os padrões do Ministério da Saúde — que, como vimos, avalia a necessidade de proteínas por habitante em 15 kg por ano —, 41 g diárias de proteína atenderiam à necessidade do brasileiro (ressaltando-se contudo que, nos países desenvolvidos, consideram-se necessárias 56 g).

Estes dados permitem concluir que, numa dieta alimentar normal, que reúne vários componentes, a suplementação com metionina é desnecessária, sobretudo quando a soja é consumida *in natura*. Neste caso, a adição de aminoácidos sintéticos, além de antieconômica, altera as propriedades organolépticas (como sabor e cheiro) do ali-

mento. Combinada a cereais e outros vegetais, a soja terá naturalmente complementados seus aminoácidos, vitaminas e minerais limitantes.

O estudo da qualidade da proteína de soja como alimento infantil é de especial importância, pois muitas vezes é preciso encontrar um substituto para o leite materno. Nas regiões tropicais é comum, em crianças e adultos, a intolerância à lactose (o açúcar do leite de vaca). Em consequência da baixa concentração, no intestino delgado, da enzima lactase, responsável pela degradação da lactose, esta não é digerida e a pessoa apresenta vômitos, diarreia e dores abdominais. Nesses casos, bem como nos de alergia ao leite de vaca, o leite de soja surge como alternativa.

Na dieta de lactentes (zero a seis meses de idade), o leite de soja suplementado com metionina, vitaminas e minerais equivale ao leite de vaca. Do ponto de vista protéico, não há diferença: o leite de vaca tem 3,5% de proteína e o de soja de 3,5 a 4%. Ressalve-se, contudo, que o melhor para o lactente é sem dúvida o leite materno, e que o leite de soja, para ser introduzido na dieta infantil, deve passar por um processo específico de formulação, tal como ocorre com o de vaca. Já com crianças de 19 a 44 meses de idade, não parece haver diferença entre o uso dos dois tipos de leite, sendo desnecessário suplementar o leite de soja com metionina. Mesmo porque, nessa faixa etária, a dieta já é diversificada e o leite dela participa como alimento complementar.

O valor nutritivo da soja não deriva apenas da proteína. A presença do óleo como fornecedor de energia é fundamental, uma vez que, em dietas de baixo conteúdo calórico, a proteína é transformada em energia, em vez de ser usada na síntese de tecidos. Finalmente, a soja contém boas quantidades de minerais e vitaminas, com exceção de cálcio e das vitaminas A e C, cujos teores se reduzem com o amadurecimento da planta (ver "Leite e óleo: desfazendo dúvidas").

Pesquisas têm demonstrado que a soja tem também valor como coadjuvante de terapias. Por seu baixo teor de sódio, é recomendável nos casos de pressão arterial elevada. Contendo elevado teor de sais de potássio, facilita a perda de água e favorece o emagrecimento. Rica em fibras (hemiculose da casca), auxilia o trabalho digestivo, prevenindo a prisão de ventre. Pelos baixos teores de açúcar, é uma opção para os diabéticos, enquanto seu elevado teor protéico faz dela um auxiliar na terapia dos processos infecciosos.

Outro componente da soja muito utilizado com fins medicinais é a lecitina, substância gordurosa rica em fósforo. Ela ajuda a dispersar os depósitos de materiais gra-



# LEITE E ÓLEO: DESFAZENDO DÚVIDAS

Algumas perguntas, enviadas à *Ciência Hoje* pelo leitor Edésio Soares da Costa, refletem aspectos da polêmica existente em torno dos usos da soja: qual o valor do leite de soja, em comparação com o de vaca? Pode-se fabricá-lo em casa? Óleo de soja é cancerígeno?

Vamos por partes. O leite de soja apresenta, em relação ao de vaca, duas vezes mais ferro, a mesma quantidade de fósforo e maiores teores de calorias, glicídios e lipídios. É, no entanto, pobre em vitaminas A e C e em cálcio, que aparece em quantidades três vezes maiores no leite de vaca. Portanto, a suplementação com estes três últimos compostos é necessária quando o leite de soja for utilizado na dieta de crianças cuja alimentação não é variada. O valor biológico da proteína da soja equivale a 80% do valor da do leite.

O leite de soja é, portanto, uma alterna-

tiva viável, não como substituto do leite de vaca, mas como outra opção alimentar, principalmente se levarmos em conta que a produção deste último não é suficiente para atender os 135 milhões de brasileiros.

No mercado, encontra-se leite de soja em pó, com diferentes sabores e excelente qualidade. Outro tipo é obtido nas chamadas "vacas mecânicas", introduzidas com sucesso por algumas prefeituras em programas locais de alimentação. É possível fazer leite de soja em casa, através de diferentes métodos, um dos quais envio diretamente ao leitor interessado. O mais tradicional, utilizado há séculos pelos chineses, tem o inconveniente de deixar um sabor característico, não muito apreciado pelas pessoas que não têm o hábito de comer a leguminosa. Como explicamos no artigo, esse sabor (bem como o odor que o acompanha) deriva da enzima lipoxigenase, que,

no entanto, não reage com o substrato (ácido linolênico) quando os grãos estão secos.

Não se conhece nenhum trabalho científico que mencione a presença de substâncias cancerígenas na soja. O mal-entendido a esse respeito pode originar-se da utilização do hexano (composto orgânico originário do petróleo) como solvente durante a extração química do óleo. Isso se repete na produção de todos os óleos vegetais, e no fim do processo o solvente é totalmente eliminado, através de evaporação.

O óleo de soja é o óleo vegetal mais consumido no mundo. Portanto, não há fundamento algum na afirmação de que se trata de produto cancerígeno, mesmo porque nenhuma substância permanece como resíduo. Hoje, dominamos perfeitamente a tecnologia de extração de óleo, o que, aliás, garante um produto de muito melhor qualidade do que os usados há muitos anos.

xos e de colesterol no organismo e facilita o transporte dessas substâncias pela circulação sanguínea, prevenindo a arteriosclerose. Como fonte de fósforo, é importante também para as células do sistema nervoso. Muitos médicos prescrevem essa substância — que é vendida em cápsulas — no tratamento da pele, de problemas nervosos, da arteriosclerose e como ativadora do processo de crescimento.

A qualidade nutricional da soja é prejudicada pela presença de certos compostos químicos que interferem na utilização da sua proteína pelo organismo. São os chamados fatores antinutricionais, alguns dos quais a planta usa para se defender de animais predadores. O mais importante deles é o inibidor de tripsina Kunitz. Esta última é uma enzima secretada pelo pâncreas e que age sobre as ligações peptídicas durante a digestão das proteínas. Se sua ação é inibida, perturba-se a digestão desses compostos, observando-se como sintoma um aumento no tamanho do pâncreas (hipertrofia pancreática).

Os efeitos dos fatores antinutricionais, presentes tanto na soja crua como em outras leguminosas, podem ser reduzidos ou eliminados pelo calor e pela umidade — 10 a 20 minutos de fervura são suficientes para inativá-los (figura 6). A destruição de 70 a 80% do inibidor de tripsina já garante ganho de peso com o consumo da soja. Observou-se também que, com a destruição de 40 a 70% do inibidor, já não se produz a hipertrofia pancreática acima referida. Es-

tudos feitos com ratos mostraram que 10% de resíduo do inibidor de tripsina não ocasionam perda de peso nem problemas no pâncreas.

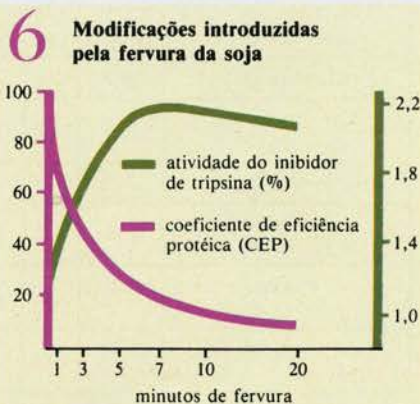
Outros fatores antinutricionais também inativados pelo calor úmido são as antivitaminas, substâncias que também estão presentes no ovo e em peixes. Prejudicam a ação das vitaminas D, E e B12, mas, sendo sensíveis ao calor, só têm significado nutricional quando os alimentos são consumidos crus. No caso de que tratamos, seus efeitos foram descobertos a partir da constatação de que frangos alimentados com soja crua apresentam raquitismo. Há a hipótese de que, neste caso, os responsáveis pelo processo são os fitatos (saís orgânicos de fósforo), que interferem na disponibilidade de minerais e vitaminas porque, ligan-

do-se aos minerais (cálcio, fósforo, zinco, magnésio e ferro), formam um complexo insolúvel. Os fitatos interferem, por exemplo, na síntese da vitamina D por se ligarem ao cálcio, problema que pode ser superado com a adoção de uma dieta rica neste último fator.

Mencionam-se ainda, como fatores antinutricionais presentes na soja, as hemaglutininas ou lectinas, substâncias que aglutinam as células vermelhas do sangue (glóbulos vermelhos). Estudos recentes demonstram, no entanto, que as hemaglutininas são eliminadas pelo calor e pouco afetam o valor nutritivo da soja.

Como todos os legumes, a soja produz formação de gases durante a digestão. Ela contém os açúcares sucrose, rafinose e estaquiose, sendo que os dois últimos são complexos, com grandes moléculas. Essas formas de açúcar, que dificilmente são completamente hidrolisadas no intestino delgado, produzem um excesso de gases ao serem metabolizadas pela microflora do intestino grosso. Esses fatores de flatulência, que também têm efeitos antinutricionais, não são eliminados pelo calor. Estão ausentes, porém, da soja fermentada e dos brotos de soja, muito utilizados na comida oriental.

O sabor da soja tem sido definido como amargo, adstringente, rançoso, de tinta ou de feijão cru. Análises do leite de soja já levaram à identificação de 41 compostos como responsáveis por esse efeito. Grande empecilho à maior aceitação dessa leguminosa como alimento, o mau sabor tem



RACKIS J.J., "Biological and physiological factors in soybeans", *Journal of American Oil Chemical Society*, vol. 51, p. 161A-174A, 1974.





Linhagens de soja do tipo vegetal, provenientes de cruzamentos entre um cultivar recomendado e o Late giant.

sido atribuído em última análise, com base em várias pesquisas, à enzima lipoxigenase, que age na oxidação dos lipídios. Já se demonstrou também que os grãos inteiros de soja — em que a enzima lipoxigenase está separada do substrato (ácidos graxos) — não contêm os compostos responsáveis pelo mau sabor. A enzima só é exposta ao substrato quando os tecidos do cotilédono se quebram ou se danificam. Mesmo nesse caso, permanece inativa enquanto os grãos se mantêm secos. Com a adição de água, a reação se desenvolve e o mau sabor se produz. Tanto no armazenamento como no processamento da soja, são frequentes, embora evitáveis, a quebra dos grãos e sua exposição à umidade, fatos que produzem uma piora no sabor da leguminosa. Além disso, algumas receitas à base de soja recomendam deixar os grãos de molho por determinado período e esfregá-los depois uns nos outros para remover as cascas, o que, evidentemente, redunde em grãos úmidos, quebrados e de pior sabor.

Cinco ou dez minutos de fervura são suficientes para inativar a enzima lipoxigenase e, assim, evitar o sabor desagradável. Embora temperaturas elevadas desnaturem as proteínas, tornando-as insolúveis, tem sido sugerido que a qualidade da proteína melhora substancialmente quando a soja é cozida por 20 a 40 minutos, o que assegura a redução dos fatores antinutricionais e a inativação da lipoxigenase.

A soja é classificada em três tipos básicos: a comercial, a forrageira e as vegetais ou “hortícolas”. As duas primeiras são de cozimento lento e têm sabor amargo, adstringente e cru. Já os tipos vegetais ou hortícolas têm sabor mais suave, apresentam em geral sementes maiores e cozinham mais rapidamente que os cultivares comerciais (em alguns casos, o cozimento é mais rápido que o do feijão). Os tipos vegetais e comerciais têm igual composição química, exceto quanto ao teor de proteína, mais elevado em algumas variedades vegetais.

Numa escala de um a cinco utilizada em testes de sabor (em que um é igual a muito ruim e cinco é igual a muito boa), os tipos comerciais recebem pontuação um e dois; os tipos vegetais têm as pontuações quatro e cinco. Ainda que não se conheça sua razão, essa diferença é patente.

Em testes preliminares para a determinação da hereditariedade do sabor da soja, observou-se que as diferenças de sabor se devem a uns poucos genes principais, de moderada herdabilidade. Sendo herdável, tal sabor pode ser geneticamente melhorado. Isso é fundamental, porque a grande maioria das pessoas avalia os alimentos, antes de mais nada, pelo paladar, e só num segundo momento considera suas qualidades nutritivas.

Um programa de melhoramento das qualidades nutricionais da soja deve, portanto, considerar múltiplos aspectos, como o desenvolvimento de genótipos com alto teor de proteína, melhoria no balanceamento de aminoácidos essenciais, diminuição dos fatores antinutricionais e causadores de flatulência, mudança do sabor e adequação da aparência. É verdade que o processamento pode superar todos esses fatores

limitantes. Contudo, ele implica o encarecimento do produto, ao passo que a resolução genética desses problemas — pelos métodos tradicionais de melhoramento de plantas — pode levar não só a uma soja mais adequada ao consumo *in natura* como a um processamento de menor custo.

Com o objetivo de obter cultivares adaptados ao consumo humano *in natura* e à indústria de alimentos, o Centro Nacional de Pesquisa da Soja, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPSo/Embrapa), vem desenvolvendo um programa de melhoramento específico das qualidades nutricionais da leguminosa. Como resultado, já foram obtidas linhagens com alto teor de proteína (49%, quando a média observada é 40%). As novas linhagens apresentaram produção equivalente à daquela tomada como padrão — cultivar Bossier — e teor protéico 8% maior. O mesmo programa obteve uma linhagem 44% mais rica em metionina que o padrão.

Também a aparência da soja tem sido estudada, pois esse fator pode limitar seu consumo *in natura*, principalmente quando ela é misturada ao feijão. O desenvolvimento de cultivares com sementes pretas, marrons e bicolores pode incrementar o uso da soja, na forma de feijão, em diferentes regiões do país. Os cultivares comerciais têm sementes com coloração amarela e hilo colorido. Frequentemente ocorrem mutações naturais que dão origem a genótipos com tegumento colorido, enquanto as demais características permanecem iguais às dos cultivares originais. Com base neste fato, confirmado por pesquisadores do CNPSo, esses mutantes coloridos podem ser uma opção para a utilização da soja *in natura*, como feijão caseiro.

Outro programa do CNPSo tem por objetivo principal a melhoria do sabor da soja. Para tanto, foi feita uma série de cruzamentos com linhagens de tipos vegetais

## 7 Algumas características nutricionais de grãos verdes, grãos secos e brotos de soja do cultivar Bragg

|                                            | Caseína do leite de vaca | Grãos verdes |        | Grãos secos |        | Brito de soja |        | Tipo vegetal |
|--------------------------------------------|--------------------------|--------------|--------|-------------|--------|---------------|--------|--------------|
|                                            |                          | Cru          | Cozido | Cru         | Cozido | Cru           | Cozido |              |
| Proteína (%)                               | 10,4                     | 10,6         | 9,1    | 10,5        | 9,9    | 9,5           | 9,7    | 9,5          |
| Ganho de peso (em ratos)*                  | 87,8                     | 24,0         | 58,2   | 21,0        | 72,5   | 12,7          | 69,8   | 92,3         |
| CEP ajustado**                             | 2,50                     | 0,77         | 2,05   | 0,75        | 2,11   | 0,64          | 2,02   | 2,14         |
| Metionina (g/16g N)                        | 2,46                     | 1,22         | 1,24   | 1,18        | 1,22   | 1,19          | 1,21   | 1,33         |
| Cistina (g/16g N)                          | 0,21                     | 0,59         | 0,59   | 0,61        | 0,61   | 0,63          | 0,58   | 0,69         |
| Inibidor de tripsina (—△ A/min/g proteína) | —                        | 49,0         | 1,5    | 52,2        | 0,6    | 17,7          | 1,7    | 0            |

(\*) Peso inicial = 69,9 ± 0,2g; (\*\*) CEP caseína = 2,92 ajustado para 2,50.

Fonte: R.P. Bates, F.W. Knapp e P.E. Araújo, “Protein quality of green-mature, dry-mature and apronted soybeans”, *Journal of Food Science*, vol. 42, p. 271-2, 1977.



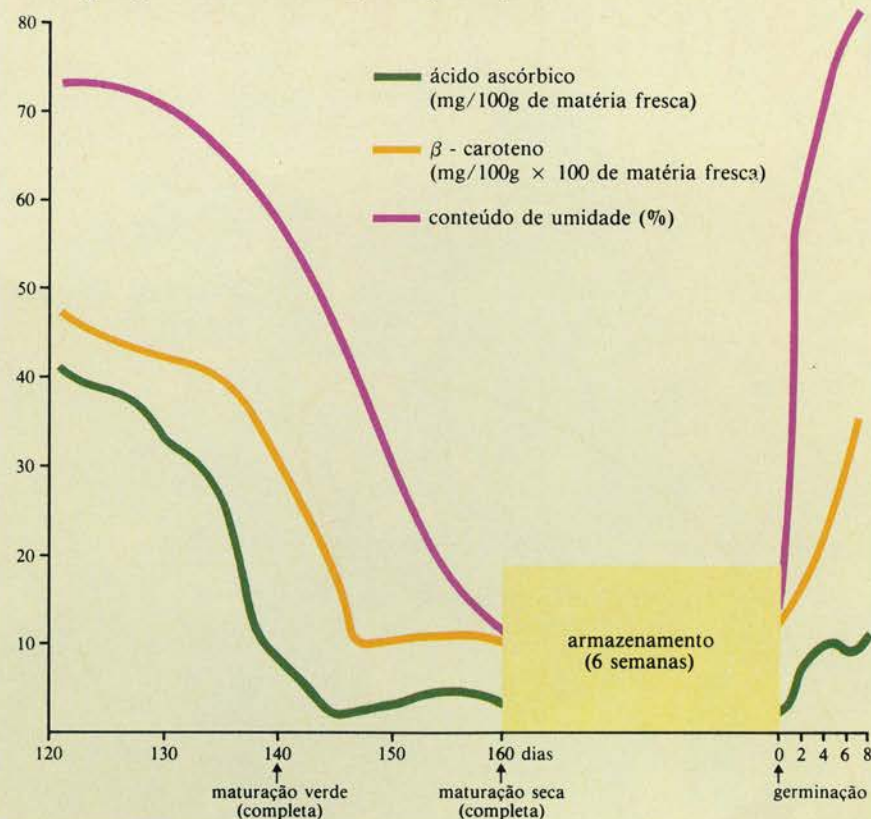
que apresentam bom sabor. Uma das metas é combinar esta característica com qualidade nutricional e aspecto adequados. Foi feito também o cruzamento do genótipo PI 133.226 — que não apresenta a enzima lipoxigenase, responsável, como vimos, pelo mau sabor — com linhagens de tipo vegetal.

Com o objetivo de aumentar a quantidade de proteína e aperfeiçoar sua qualidade, fizeram-se cruzamentos entre linhagens de tipo vegetal (bom sabor) e aquelas desenvolvidas no próprio CNPSO, de alto teor protéico. Considerando que a indústria em geral prefere grãos de soja grandes e com o hilo amarelo, cruzaram-se linhagens de melhor sabor com outras de hilo amarelo. Finalmente, dado o hábito de comer feijão do brasileiro, busca-se melhorar o sabor das linhagens mutantes com tegumento colorido. Como o mais importante fator antinutritivo, o inibidor de tripsina Kunitz, está ausente em dois genótipos (PI 157.440 e PI 196.168), foram feitos cruzamentos entre linhagens de tipo vegetal e a PI 157.440. A longo prazo, espera-se obter, do programa de melhoramento do CNPSO, genótipos de soja com melhor sabor e outras características nutricionais. A curto prazo, os cultivares disponíveis podem ser utilizados tanto pela indústria como *in natura*.

Quando bem preparada ou processada em mistura com outros alimentos, a soja é nutritiva e tem excelentes potencialidades para suprir as deficiências nutricionais de qualquer população. Entre nós, ela tem largo emprego na indústria de alimentos, sendo usada — na forma de farinha integral ou desengordurada, concentrado, isolado protéico ou proteína texturizada — para enriquecer as qualidades funcionais e nutricionais de uma série de produtos. Mas, como já observamos, a industrialização sempre implica maior custo, e esses alimentos permanecem fora do alcance da grande parte de nossa população. Para facilitar a difusão da soja, seria interessante estimular seu consumo *in natura*, como qualquer alimento tradicional.

Tanto os brotos de soja (semelhantes aos brotos de feijão), quanto os grãos verdes (totalmente cheios) e os completamente maduros se prestam à industrialização e ao consumo *in natura*. A análise revela que a proteína, nessas três formas de soja, tem igual CEP, isto é, igual qualidade. Mais ainda, quando a soja é cozida, o CEP atinge valores muito próximos ao da caseína do leite (2,5), como mostra a figura 7. A mesma pesquisa observou que a atividade do inibidor de tripsina, praticamente igual em grãos maduros e verdes, reduz-se a 1/3 nos brotos de soja. Mas a maior vantagem

## 8 Algumas alterações nas sementes do cultivar de soja Júpiter durante a maturação e a germinação



BATES R.P. e MATTHEWS R.F., "Ascorbic acid and β-carotene in soybeans as influenced by maturity, sprouting, processing and storage", *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, vol. 88, p. 266-71, 1975.

nutricional dos grãos verdes e dos brotos em relação aos grãos maduros é o teor de vitaminas. Pesquisadores da Universidade da Flórida (EUA) observaram que, quando as sementes germinam, regeneram-se os nutrientes que haviam decrescido durante o processo de amadurecimento, como o ácido ascórbico (vitamina C) e o β-caroteno (pró-vitamina A), o que está representado na figura 8.

Cabe dizer ainda que a soja é um alimento alternativo e complementar. Deve enriquecer a dieta diária, como mais um vegetal disponível, e não substituir o leite, a carne ou o feijão, alimentos que têm características próprias de aparência, textura, sabor e valor nutritivo.

É espantosa a quantidade de material publicado sobre a soja na alimentação humana, tanto no exterior como no Brasil. O valor nutritivo, as deficiências nutricionais e as necessidades de consumo dessa leguminosa vêm sendo comentadas e registradas desde os anos 20. É interessante observar que, durante a Segunda Guerra Mundial, quando havia pouca disponibilidade de alimentos e sobretudo de proteínas, foi comum a utilização da soja. Sua introdução nos cardápios dos restaurantes era acompanhada de notas explicativas de seu valor nutritivo. Infelizmente, terminada a guer-

ra e o racionamento de alimentos, tanto a soja como suas virtudes caíram no esquecimento.

O processo de aceitação dessa leguminosa é sem dúvida vagaroso. Mas não foram necessários 300 anos para que a batata fosse aceita?



### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BATES R.P., KNAPP F.W. e ARAÚJO P.E., "Protein quality of green mature, dry mature and sprouted soybeans", *Journal of Food Science*, vol. 42, p. 270-272, 1977.
- CABRAL L.C., *Contribuição ao estudo da farinha de soja integral*. Tese de mestrado apresentada à Universidade Federal do Ceará, 1978.
- DUTRA DE OLIVEIRA J.E. e SANTOS J.E., "Soybeans products for feeding infants, children and adults under nutritional stress", *JAOCS*, vol. 58, p. 366-370, 1981.
- NELSON A.I., WEY L.S. e STEINBERG M.P., "Foods from whole soybean", in *World Soybean Research Conference II: Proceedings*, F.T. Corbin (org.). Boulder, Westview Press, 1979.
- TURATTI J.M., *Caracterização química, física e sensorial e emprego da soja cultivar 'Santa Maria' na dieta alimentar brasileira*. Tese de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade de Campinas, 1981.



# AMBIENTE, REPUBBLICA





# SAS E BARRAGENS

A utilização crescente da energia hidrelétrica exige que se introduzam grandes alterações nas bacias hidrográficas. Só em São Paulo, cerca de 15.000 km<sup>2</sup> já foram inundados para a formação de represas artificiais. Elas mantêm múltiplas relações com rios e lagos, acumulando grande quantidade de informação sobre eventos biológicos e socioeconômicos que ocorrem em regiões vizinhas. O manejo correto de várias represas de uso múltiplo e localizadas ao longo de um mesmo rio é um verdadeiro desafio, pois precisa levar em conta as características dos ecossistemas envolvidos.

**José Galizia Tundisi**

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Entre os impactos causados pela ação do homem sobre ecossistemas naturais destaca-se a construção, em ritmo e escala crescentes, de reservatórios artificiais de água. Pequenos açudes, usados há muito para a irrigação ou como reserva de água potável, foram substituídos por imensas represas, destinadas à produção de energia e a outros fins, como o transporte, a produção de biomassa e, eventualmente, a recreação.

A rápida proliferação dos reservatórios e as grandes dimensões assumidas por esses ecossistemas artificiais têm produzido inúmeras alterações nos sistemas hidrológico, atmosférico, biológico e social nas regiões em que são construídos e nas áreas atingidas pelos lagos artificiais. Trata-se hoje, no Brasil, de questão de alcance nacional. Nossas primeiras grandes represas destinadas precipuamente a alimentar usinas hidrelétricas foram instaladas nas regiões Sul e Sudeste. Mais tarde, estenderam-se ao Nordeste e começam, nos últimos anos, a ser planejadas e construídas na Amazônia. A formação de grandes barragens nesta última região, dadas as suas peculiaridades, suscitou inúmeros problemas, cuja resolução demanda rápido e intenso investimento em pesquisa ecológica.

As grandes barragens têm profunda in-

terferência nos vários sistemas hidrográficos da bacia em que são introduzidas, e o novo ecossistema daí resultante constitui uma unidade complexa, cujo estudo é de grande valor teórico e prático. A utilização múltipla das grandes massas d'água acumuladas nos reservatórios depende de um manejo adequado, que só pode ser assegurado pelo conhecimento dos mecanismos e processos que têm lugar nas represas, envolvendo o meio ambiente interno e externo.

Com efeito, ao interceptar o fluxo d'água de um rio, além de causar inúmeras modificações num amplo espectro de atividades e processos ao longo da bacia hidrográfica, as represas interferem nos processos de evolução das comunidades de organismos aquáticos — como peixes, algas do plâncton (fitoplâncton), animais do plâncton (zooplâncton) e animais do fundo (bentos) —, bem como na composição química do sedimento e da água. Como veremos adiante, passam a funcionar como “vasos de reação” ou “coletores de eventos” e, dadas as dimensões que podem atingir, também configuram importantes interseções no ecossistema terrestre, passando a desempenhar o papel de sistemas intermediários entre rios e lagos, com os quais mantêm múltiplas relações (figuras 1 e 2).

À esquerda, eutrofização na represa de Barra Bonita, estado de São Paulo. Observa-se a concentração de macrófitas aquáticas (no caso, *Eichhornia crassipes* — aguapé) nas margens.



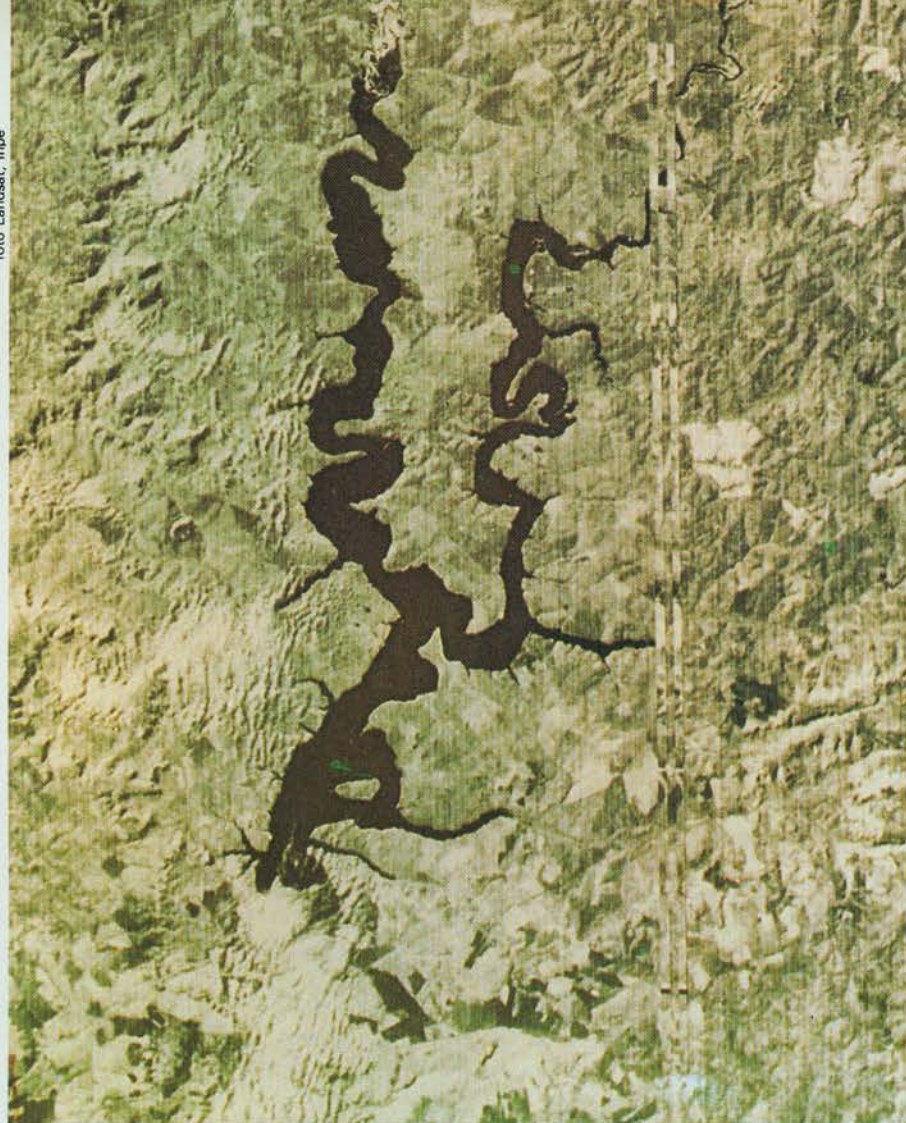


Fig. 1. Represa de Barra Bonita fotografada de um satélite.

**T**odo sistema aquático possui três interfaces principais: a interface ar-água, a interface sedimento-água e a interface organismo-água. A construção de uma represa num curso d'água, além de acarretar a ampliação dessas interfaces, tem outros efeitos importantes sobre o ecossistema natural. Alguns deles são:

- modificações do ciclo hidrológico e do balanço hídrico, impactos geofísicos decorrentes das modificações ocorridas no sistema terrestre, de sismos produzidos pela construção do reservatório ou do aumento da erosão;
- impacto sobre o microclima regional e os sistemas aquáticos naturais (rios), em consequência das modificações no transporte de sedimentos e da má condutividade da água; aumento da superfície de evaporação;
- impactos sobre a flora e a fauna terrestres e aquáticas, em razão do desaparecimento das matas ciliares, que são importantes sistemas de manutenção da diversidade; desaparecimento da fauna terrestre;
- impactos sobre o homem e as atividades humanas, com alteração das vias terrestres de comunicação, desaparecimento de atividades agrícolas, modificações estéticas da

bacia hidrográfica, submersão de sítios arqueológicos e necessidade de recolocação de populações; alterações das condições sanitárias e aumento da possibilidade de expansão da distribuição geográfica de vetores de doenças de veiculação hídrica.

As represas construídas nas bacias hidrográficas abrem ainda novas possibilidades de dispersão e colonização para muitos organismos aquáticos. Por outro lado, podem tornar-se uma barreira geográfica para populações e comunidades terrestres.

Para compreender as represas como ecossistemas é preciso considerar o que as distingue dos sistemas naturais, isto é, os lagos e os rios. Quanto ao primeiro caso, as principais diferenças prendem-se às origens de cada um. Ao contrário das represas — feito humano de origem sempre igual —, os lagos têm origem variada, segundo eventos relacionados com a situação geomórfica local, que diferem nos vários continentes e latitudes. Na América do Sul, muitos sistemas lacustres estão ligados à dinâmica dos rios, numa relação de grande interdependência.

Dos diversos mecanismos e da geoquímica local, originam-se nos lagos proces-

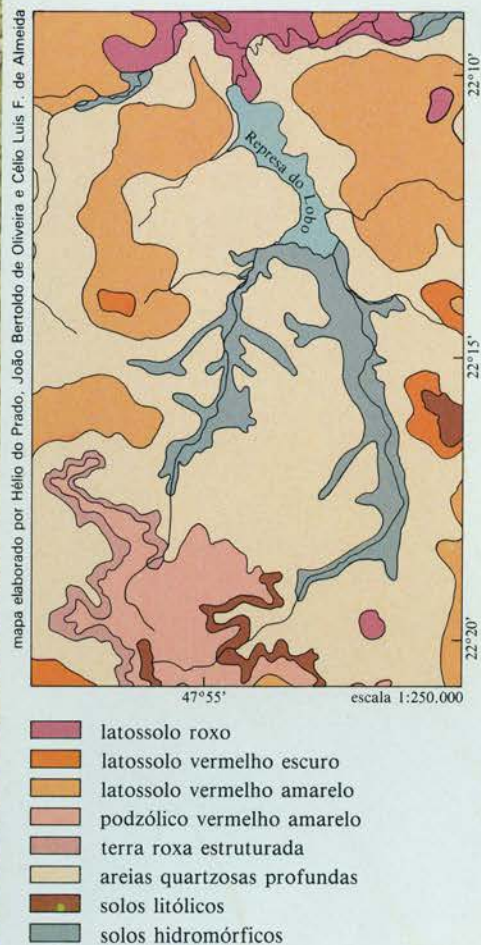


Fig. 2. Mosaico de solos da bacia hidrográfica da represa do Lobo (Broa), no centro do estado de São Paulo.

sos específicos, relacionados com características hidrodinâmicas e hidrotérmicas, condições físicas e químicas da água, composição e estrutura das comunidades de seres vivos. A origem dos lagos determina também processos evolutivos relativamente bem definidos, que dependem dos mecanismos de circulação, do grau do isolamento do sistema e do tempo que este perdurou. Uma descrição sucinta dos mecanismos mais comuns de formação de lagos naturais é apresentada no quadro à direita.

Um dos determinantes essenciais do funcionamento das represas é sua estrutura espacial (horizontal e vertical), muito mais heterogênea que a dos lagos, por depender dos níveis de entrada da água dos rios e da altura da saída da água. Esse sistema é um importante fator ecológico no isolamento das massas d'água e no transporte de nutrientes, de organismos planctônicos e de sedimentos, podendo também ser considerado um importante fator de fertilização da zona eufótica (camada de água penetrada pela luz solar em intensidade suficiente para permitir a fotossíntese).

A organização morfológica e morfométrica de uma represa, que depende do tipo



de construção, dos equipamentos instalados na barragem e dos seus usos, tem uma consequência ecológica relevante: a compartimentalização do reservatório em unidades e subunidades representadas por diferentes afluentes (figuras 3 e 4). Além do interesse teórico que essa compartimentalização suscita, há inúmeras possibilidades de explorar essas diferenças espaciais no manejo, como o cultivo de organismos em determinados compartimentos e a utilização, para irrigação, da água de outros compartimentos, situados nos braços do reservatório.

A sucessão espacial e temporal das comunidades e a colonização das represas estão intimamente relacionadas com as estruturas vertical e horizontal. Já no princípio deste século, ecólogos como Clements, Cowles e Shelford preocuparam-se com o problema da sucessão temporal das comunidades vegetais terrestres. Os estudos desenvolvidos pelos limnólogos Einar Naumann (sueco) e August Thieneman (alemão) na década de 1920 introduziram, além de conceitos fundamentais para o conhecimento desses ecossistemas, uma classificação e uma tipologia.

Em 1942, trabalhando num pequeno lago norte-americano (Cedar Lake), o ecólogo Raymond Lindeman fez avançar consideravelmente o estudo da evolução dos lagos do ponto de vista das alterações ocorridas nas relações alimentares e no fluxo de energia em determinado período de tempo (quatro anos). Suas principais conclusões referem-se ao aumento progressivo da biomassa de organismos aquáticos e da produção primária, bem como à diminuição do número das espécies.

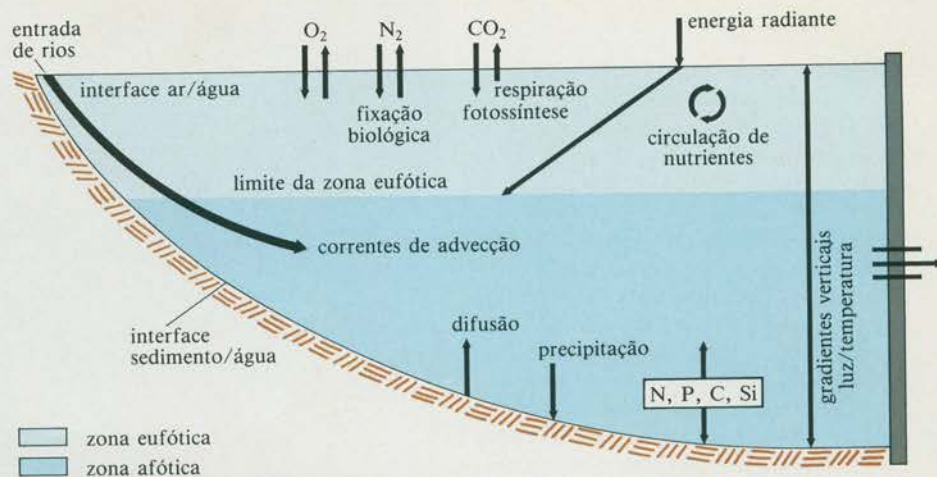


Fig. 3. Algumas características fundamentais de uma represa como ecossistema: trocas gasosas na interface ar-água; penetração de energia radiante; limite da zona eufótica; zona afótica; circulação na zona eufótica; difusão das substâncias do sedimento na água; precipitação e complexação no sedimento.

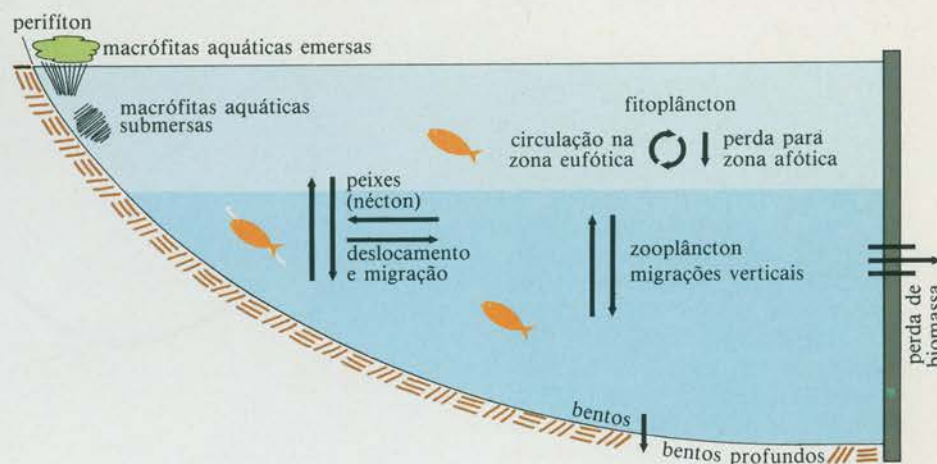


Fig. 4. Outras características fundamentais de uma represa como ecossistema: organismos plancônicos, organismos bentônicos, peixes, macrófitas aquáticas, perifiton. Este último termo designa as comunidades de algas que se encontram nas superfícies de pedras, vegetação superior aquática ou restos de vegetação, em lagos, represas e rios.

## ORIGENS MAIS COMUNS DOS LAGOS NATURAIS

■ **Tectônica** - Lagos formados por processos de tectônica quebrável (afundamentos por falhas múltiplas), responsáveis por compartimentos fechados chamados fossas tectônicas, onde se acumulam águas trazidas por drenagens pós-tectônicas. Exemplos: lago Baikal (URSS), lago Tanganica e lago Vitória (África).

■ **Vulcânica** - Lagos formados em caldeiras de antigos vulcões. O material vulcânico é ejetado, criando cavidades (crateras) que posteriormente são alargadas, podendo reter corpos d'água. Exemplos: lagos no Japão e Nova Zelândia.

■ **Glacial** - Efeitos de corrosão basal e deposições frontais por movimentos de massas de gelo, sujeitas a descongelamento posterior. Depressões lacustres menores formadas em áreas de drenagem desarranjadas pela glaciação. Exemplos: grandes lagos norte-americanos, lagos do norte da Inglaterra e lagos da Escandinávia.

■ **Atividades de rios** - Lagos em meandros abandonados em forma de ferradura (*oxbow lake*). Exemplos: lagos marginais no Pantanal Mato-grossense e inúmeros lagos em drenagens tropicais, associados a rios meândricos.

■ **Solução** - Depressões lacustres em áreas de rochas solúveis, lentamente dissolvidas por água de percolação. Exemplos: lagos na Europa central, Iugoslávia e Flórida.

■ **Restinga** - Lagunas oriundas de fechamento de enseadas ou baías, pela extensão de restingas ou feixe de restinga costeira. Exemplos: sistemas lagunares da costa brasileira (Patos, Iguape-Cananéia, estado do Rio e Maceió).

As represas, sendo artificiais, têm idade bem conhecida. Além disso, as grandes modificações que ocorrem no período de enchimento do reservatório — do ponto de vista da circulação, da vazão e do fluxo de água, do transporte e da acumulação de sedimento — podem ser acompanhadas. O estudo das diversas etapas de sucessão biológica e das progressivas alterações das condições físicas e químicas é fundamental para o desenvolvimento de teorias de colonização de ecossistemas e da evolução progressiva dos sistemas de filtros ecológicos que se sucedem após as modificações iniciais produzidas pela barragem.

A colonização das represas ocorre logo após o fechamento do rio e a estabilização do nível da água. É promovida sobretudo pelos rios que as alimentam, mas outros fatores também atuam, como as migrações de pássaros ou a introdução de ovos que resistem ao dessecação.

A sucessão espacial e temporal das comunidades nas represas depende, pois, da



rapidez do enchimento, da intensidade do desmatamento anterior ao fechamento da barragem e do estabelecimento de uma extensa zona litoral que amplia o substrato. Como os lagos, portanto, as represas estão em permanente evolução. E, sendo seu tempo de existência perfeitamente conhecido, os processos evolutivos que aí ocorrem, como “registro” das atividades humanas, podem ser acompanhados.

Em contraste com as represas, os rios são ecossistemas geralmente menos profundos: o gradiente horizontal predomina sobre o vertical. Neles, o fluxo de água é a função de força principal. Dependem muito mais do material que neles é introduzido de fora (restos de vegetação e de organismos terrestres, sedimentos) do que os sistemas lênticos (lagos e represas), em que preponderam organismos fotossintetizantes e material autóctone.

Aplicando a teoria da informação à ecologia das represas artificiais, dizemos que, à medida que as condições de represa passam a prevalecer, os processos seletivos que se estabelecem progressivamente produzem uma série de “filtros ecológicos”. Estes constituem um conjunto de condições que produz extensas modificações na estrutura biológica das represas, eliminando algumas espécies, propiciando o desenvolvimento de outras ou interferindo nas relações intra e interespecíficas (ver “O processo de eutrofização em represas”). A eliminação gradual de algumas espécies é resultado da ação desses filtros: só se estabelecem na represa os organismos que resistem ao processo seletivo constituído pela série de alterações físicas, químicas, biológicas e hidrodinâmicas que aí têm lugar. O aumento da zona litoral e a flutuação de nível, típica desses sistemas, também atuam como filtro ecológico, pois nem todas as espécies resistem ao dessecação.

As informações físicas e químicas ficam registradas no sistema e nos diversos agrupamentos espaciais. Altas concentrações de mercúrio e sulfato no sedimento e na água, por exemplo, são resultado da poluição do ar. Outro filtro ecológico a considerar é o “tempo de residência” da água na represa. Baixos tempos de residência implicam elevada taxa de reprodução para organismos plancônicos, como forma de repor as perdas de biomassa com potencial reprodutivo, acarretadas pela saída da água.

Em suma, podemos dizer que, após determinado período de tempo, a situação ecológica da represa resulta do produto líquido das entradas do sistema de origem, dos mecanismos de funcionamento do reservatório e das atividades na bacia hidrográfica. As informações sobre os eventos ecológicos, biológicos, sociais e econômicos ao longo da bacia hidrográfica ficam registradas nas variáveis de estado e nos



Fig. 5. Florescimento intenso de *Microcystis* na represa de Barra Bonita, no médio Tietê. Note-se o efeito da concentração pelo vento junto à barragem.



Fig. 6. Desmatamento, queima e florescimento de cianofíceas na represa de Barra Bonita (SP). Vê-se uma importante interação do ecossistema terrestre com o aquático, intensificada pela ação do homem.

processos em curso nas represas. Por isso estas podem ser consideradas “reservatórios ou acumuladores de informações” da bacia hidrográfica, o que redundará no estabelecimento de novas estruturas na comunidade e de novas características químicas e ecológicas (figuras 5, 6 e 7).

Quanto maior for a represa e mais variada sua morfometria, mais informações acumulará em dado tempo de residência. Nos reservatórios com morfometria mais simples e menor número de reentrâncias, o fator dominante é a hidrodinâmica do sistema. Já os que têm morfologia mais complexa acumulam maior número de informações, uma vez que as atividades desenvolvidas ao longo das diversas partes ou “braços” são registradas sob diversas formas.

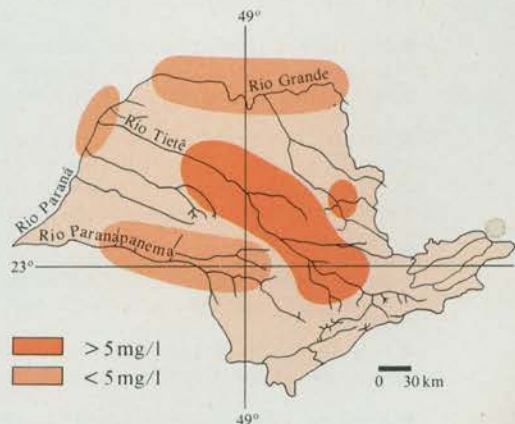


Fig. 7. Distribuição de sulfato ( $\text{SO}_4$ ) na água em represas do estado de São Paulo como uma das consequências da poluição do ar.



# O PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO EM REPRESAS

A eutrofização de represas ou de lagos é o processo que resulta num aumento de nutrientes essenciais para o fitoplâncton e as plantas aquáticas superiores, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio, carbono e ferro. Dos conceitos iniciais do estado trófico desenvolvidos por C.A. Weber em 1907 e modificados por E. Naumann e A. Thieneman, chegou-se a uma série de variáveis múltiplas para caracterizar o estado trófico. Segundo R. Margalef, a eutrofização caracteriza um estado de tensão. De qualquer modo, eutrofia e oligotrofia (pobreza de lagos ou rios em nutrientes) só podem ser definidas por referência a um contexto regional (ver quadro).

A eutrofização natural ocorre normalmente em qualquer sistema aquático continental ou de águas costeiras (estuários). O desenvolvimento de atividades agrícolas e de populações urbanas, entretanto, acelera rapidamente a drenagem de materiais da superfície terrestre e dos ecossistemas terrestres para os lagos e as represas. Disto resulta um rápido aumento dos nutrientes essenciais ao crescimento das plantas aquáticas. Esse processo, geralmente associado a um aumento de biomassa, é chamado de eutrofização cultural (ver "A doença dos lagos", nesta edição).

No Brasil, há exemplos claros de eutrofização cultural, como no lago Paranoá (Brasília), na lagoa da Pampulha (Belo Horizonte) e na lagoa Taquaral (Campinas). Além disto, muitas represas do estado de São Paulo, próximas ou não de grandes centros urbanos, apresentam avançado estado de eutrofização.

As principais causas da eutrofização são: a) despejos de esgotos domésticos; b) despejos de resíduos de atividades agrícolas; c) poluição do ar e queda de material da atmosfera (sob forma de partículas ou água de chuva); d) vegetação remanescente em represas não desmatadas antes do fechamento.

A eutrofização em represas constitui um filtro ecológico muito seletivo em relação à diversidade e à sucessão de espécies. O processo tem as seguintes consequências nos sistemas aquáticos: a) aumento da biomassa e da produção primária do fitoplâncton; b) diminuição da diversidade de espécies; c) diminuição da concentração de oxigênio dissolvido; d) diminuição da concentração de íons (átomos cujo equilíbrio elétrico foi alterado); e) aumento de fósforo total

no sedimento; f) aumento da frequência do florescimento de cianofíceas.

Essas modificações globais são no entanto reguladas por uma série de fatores, entre os quais se destaca o tempo de residência na represa, que funciona como um sistema de controle da biomassa e da concentração de nitrogênio e fósforo.

Também significativo do ponto de vista ecológico é que, à medida que as populações de algas morrem e decantam para o fundo da represa, a concentração de oxigênio dissolvido é extremamente reduzida, o que pode ocasionar extensas mortandades de peixes. Cabe ainda ressaltar que, nos trópicos, a eu-

res seletivos que, ao deixar de preda componentes específicos da rede trófica, como o zooplâncton herbívoro, possibilitam o aumento da pastagem sobre o fitoplâncton e a renovação do mesmo. Essas técnicas de biomanipulação de reservatórios para o controle da eutrofização, aliadas à manipulação do tempo de residência e às alturas de saída da água, são fundamentais para o manejo dos reservatórios.

O estudo comparativo dos reservatórios tem a vantagem de permitir determinar o estágio da eutrofização cultural, sobretudo se esse dado for cruzado com informações culturais, sociais e econômicas sobre a bacia hidrográfica.

## CARACTERÍSTICAS DE LAGOS OU REPRESAS OLIGOTRÓFICOS E EUTRÓFICOS

| Fator                      | Sistemas oligotróficos                                                                                      | Sistemas eutróficos                                                                            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nutrientes                 | Baixas concentrações e lenta reciclagem de nitrogênio, fósforo e sílica.                                    | Altas concentrações e rápida reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo.    |
| Oxigênio dissolvido        | Freqüentemente próximo da saturação tanto no hipolimnio como no epilimnio.                                  | Grande variação em relação à saturação: depressão no hipolimnio e supersaturação no epilimnio. |
| Comunidades                | Baixa biomassa de fitoplâncton, zooplâncton, zoobentos e peixes.                                            | Alta biomassa e sedimento de fitoplâncton, zooplâncton, zoobentos e peixes.                    |
| Radiação solar subaquática | Alta transparência na zona eufótica.                                                                        | Baixa transparência na zona eufótica.                                                          |
| Bacia hidrográfica         | Lagos profundos com morfometria caracterizada por vales em forma de V. Bacia hidrográfica pouco modificada. | Lagos rasos com baixa estratificação. Bacia hidrográfica cultivada e muito modificada.         |

Modificado de Goldman e Horne, 1983.

trofização cultural está associada ao agravamento da incidência da esquistossomose e da malária.

Por outro lado, a eutrofização tem alguns aspectos positivos, uma vez que pode ocasionar o aumento da produção de biomassa de peixes, ou pelo menos do alimento potencialmente disponível para eles.

As principais técnicas utilizadas para a correção dos efeitos da eutrofização envolvem os seguintes processos: a) diminuição da entrada de nitrogênio e fósforo; b) renovação do hipolimnio; c) renovação periódica das macrófitas aquáticas; d) renovação do sedimento do fundo; e) diminuição do tempo de residência; f) isolamento químico do sedimento.

Mais recentemente, foram introduzidas técnicas de controle biológico da eutrofização, que fazem uso de predado-







Fig. 8. Sistema experimental de biomanipulação na represa do Lobo (Broa). Experimento em andamento no Laboratório de Limnologia do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (São Carlos).

No Brasil, o estado de São Paulo se destaca pela amplitude da distribuição das represas, bem como a variedade de sua localização geográfica e o espaçamento de sua construção ao longo do tempo. As represas formam aí um conjunto que acumula significativa coletânea de informações sobre processos ambientais, econômicos e sociais. Sua caracterização, levando em conta essas características e seus impactos, representa um avanço importante do ponto de vista conceitual: a evolução das represas está intimamente ligada às transformações sociais e econômicas ocorridas no estado.

A evolução tecnológica induziu grandes modificações nos usos das represas. Com a possibilidade de utilizar água acumulada na geração de energia (hidreletricidade), sistemas cada vez maiores passaram a ser instalados e, evidentemente, o impacto dessas construções — como as alterações causadas nas bacias hidrográficas — ampliou-se consideravelmente. Hoje, são comuns as represas que ocupam milhares de quilômetros quadrados, acumulando grande volume de água. Só no estado de São Paulo, calcula-se que 15.000 km<sup>2</sup> foram inundados por represas artificiais.

Só nos últimos dez anos intensificaram-se os estudos voltados para a utilização diversificada da represa. Em sua maioria, os usos possíveis estão diretamente relacionados com as possibilidades tecnológicas, a tradição e o nível de desenvolvimento social e econômico do país. Dependem também, em grande parte, do modo como o sistema da bacia hidrográfica era tradicional-

mente usado, antes da construção da barragem.

A utilização de uma represa para fins múltiplos implica, evidentemente, um manejo adequado, o que é sempre problemático em sistemas de grande porte. A introdução de técnicas de manejo, passo importante na aplicação da ecologia a reservatórios, é fruto da pesquisa básica desenvolvida nesses ecossistemas. As diversas técnicas de manejo envolvem, por exemplo, as alterações do nível da água (para o controle de cheias e irrigação), o controle da eutrofização, a produção de biomassa no reservatório (peixamento) ou fora dele (tanques de piscicultura), os sistemas de navegação (dragagem e remoção do sedimento) e equipamentos adequados para educação e lazer. Certas técnicas de irrigação que utilizam água de profundidade, rica em nutrientes, têm sido recentemente incorporadas ao sistema de manejo. Também importante para esse sistema foi o surgimento de técnicas de biomanipulação, entre as quais a introdução ou remoção de predadores seletivos para provocar repercussões em vários elos da cadeia alimentar (figura 8).

Por outro lado, o manejo de sistemas em cascata, com várias represas do mesmo rio (caso dos rios Grande, Tietê e Paranapanema, no estado de São Paulo) é um verdadeiro desafio, dada a diversidade dos regimes operacionais desses sistemas em linha, dos tempos de residência e de outras peculiaridades que devem ser consideradas para o conjunto de represas.

O uso múltiplo e os sistemas de manejo das represas artificiais estão, portanto, in-

trinsecamente relacionados com os mecanismos de funcionamento desses ecossistemas e sua relação com o meio. O conhecimento da ecologia desses ambientes tem uma dimensão teórica de extrema importância, também relacionada à limnologia (estudo dos lagos), ao estabelecimento de “filtros ecológicos” progressivos para as comunidades de seres vivos e à aplicação da teoria da informação à ecologia. Um problema crucial da ecologia básica — acompanhar a colonização e a evolução das comunidades nos ecossistemas — é perfeitamente factível nas grandes represas artificiais, cujo tempo de existência é bem definido e cujas modificações podem ser previstas com grande antecedência. É preciso, portanto, tanto por motivos teóricos como práticos, estimular as pesquisas que se desenvolvem nesse terreno.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BAXTER R.M., “Environmental effects of dams and impoundments”, *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 8, pp. 255-281, 1977.
- BRANCO S.M. e ROCHA A.A., *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. São Paulo, Cetesb, 1977.
- MARGALEF R., *Limnologia*. Barcelona, Ed. Omega, 1983.
- SCHAFER A., *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 1985.
- TUNDISI J.G., “O modelo Broa”, *Anais do Simpósio sobre a Comunidade Vegetal como Unidade*. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, pp. 99-113.
- VAN DER HEIDE J., *Filling phase limnology of a man made lake in the humid tropics*. Amsterdam, University of Amsterdam, 1982.





*Ecosistemas*, de Carlos Toledo Rizini, Adelmar F. Coimbra Filho e Antônio Houaiss, Rio de Janeiro, Index Ed., 1988. 200 pp.

Descrever a grandiosidade dos ecossistemas naturais do Brasil em apenas 96 páginas de texto bilíngüe, entremeado de numerosos desenhos, e retratar de maneira abrangente, ainda que sucinta, a prodigiosa diversidade biológica do país é tarefa difícil, a exigir excepcional poder de síntese. Não obstante, lograram executá-la de forma objetiva, agradável e útil os autores do livro *Ecosistemas*, cuja elaboração teve o objetivo declarado de “descrever e registrar fotograficamente uma síntese do que resta dos principais biomas brasileiros”.

A obra se abre com a apresentação de um mapa fitogeográfico a cores, no qual são indicadas as áreas e os tipos naturais de vegetação primitivamente existentes no território nacional, classificados estes segundo terminologia própria adotada no texto, que é cotejada com aquela prescrita pelo IBGE.

A introdução faz considerações gerais sobre a natureza brasileira, com ênfase na premente necessidade de administrá-la e utilizá-la de acordo com os princípios conservacionistas, e chama atenção para os riscos inerentes a uma destruição generalizada do habitat natural do homem — a biosfera. Os capítulos abordam separadamente os 12 biomas considerados principais pelos autores: mata amazônica, mata atlântica, pinheiral, manguezal, restinga, cerrado, mata ciliar, campo, cocal, buritizal, caatinga e pantanal. Da vegetação e da fauna de cada um deles é feita uma descrição sumária, com menção das espécies e dos gêneros endêmicos ou mais comuns; no relacionamento da fauna, têm destaque especial os mamíferos, aves, répteis e anfíbios, que são obviamente os animais mais conspícuos. Aspectos relacionados à ecologia, climas, solos, influências antropógenas e peculiaridades dos biomas são citados de

## DA FLORESTA AO CERRADO, DA RESTINGA AOS MANGUEZAIS

permeio, com abundantes notas explicativas à margem das páginas, o que torna o texto de fácil entendimento para todos os leitores, mesmo aqueles não familiarizados com a terminologia usual no trato das ciências biológicas. Farta quantidade de desenhos retratando algumas das espécies vegetais mais representativas acompanha o texto e facilita a sua identificação.

A obra é ilustrada com 122 fotografias a cores, de excelente qualidade e cuidadosamente selecionadas para representar os 12 biomas abordados. Elas focalizam ora aspectos paisagísticos, ora comunidades ou espécies particularmente significantes. A parte fotográfica com suas legendas, por si só, já daria uma visão ampla dos biomas considerados no livro. A qualidade gráfica é primorosa, valorizada pelo tamanho adequado das páginas (22×32 cm).

Em trabalho tão complexo, no qual colaboraram pessoas diversas, pequenos equívocos e algumas impropriedades são praticamente inevitáveis. Umas poucas ilustrações estão com legendas inadequadas ou trocadas, ressaltando-se, a título de exemplo, a fotografia de um carnaúbal (p. 71), citado na respectiva legenda como ‘babaçul’. No texto, alguns raros lapsos podem ser identificados, como a referência ao boto

tucuxi (p. 42), mencionando-o como endêmico do ecossistema amazônico, quando na realidade a espécie *Sotalia fluviatilis* também ocorre no litoral, do Mar das Antilhas a Santa Catarina. Poder-se-ia comentar ainda a limitação das referências à fauna de invertebrados, fato compreensível em virtude de sua imensa diversidade e da carência de informações prevalecente em muitos casos.

Merece uma crítica desfavorável o sistema adotado de apresentar em notas laterais, à margem das páginas, a nomenclatura científica dos gêneros e espécies citados no texto por seus nomes vulgares; embora permita uma leitura mais fluente pelos não especialistas — objetivo motivador da adoção do sistema —, isto se torna incômodo para todos aqueles que desejam identificar com maior precisão as plantas e os animais mencionados. Talvez a única deficiência maior da excelente obra seja a quase total omissão do rico bioma marinho correspondente às águas costeiras, parte integrante do território nacional, ao qual são dedicadas apenas referências muito lacônicas nos capítulos dedicados aos manguezais e às restingas.

O livro é apresentado com o texto em português e inglês impresso em duas cores distintas. A redação em português é esmerada e sua tradução para o inglês já foi considerada extremamente fiel, em resenha publicada no exterior.

Digna de especial menção é a muito louvável preocupação dos competentes autores com a vasta e impiedosa destruição dos ecossistemas brasileiros, decorrente de exploração predatória e uso abusivo dos recursos naturais, que estão privando os brasileiros e a humanidade toda de uma riqueza biológica imensurável e ainda muito insatisfatoriamente pesquisada.

Em resumo, a obra constitui uma esplêndida introdução ao estudo da vegetação e da fauna brasileiras, útil igualmente para o público em geral e os especialistas do país e do exterior. Como apresentação visual da diversidade biológica do Brasil, considerado o limitado número de páginas, dificilmente poderá ser superada.

**Ibsen de Gusmão Câmara**

Sociedade Brasileira de Proteção Ambiental — Sobrapa  
Fundação de Estudos do Mar — Femar



Foto Luiz Claudio Marigo



EUTROFIZAÇÃO ARTIFICIAL

# A DOENÇA DOS L





# LAGOS

É preciso salvar lagos e represas do envelhecimento precoce e da morte. O aporte contínuo de efluentes domésticos e industriais provoca rápido aumento na produção de matéria orgânica e na quantidade de detritos, cuja decomposição consome oxigênio em larga escala. É a eutrofização artificial, que produz gases venenosos, elimina peixes, destrói áreas de lazer e torna a água imprópria ao consumo.

## Francisco de A. Esteves

Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos

## Francisco Antônio Rodrigues Barbosa

Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais

O termo *limnologia* origina-se da palavra grega *limné*, que significa lago. Assim, se nos basearmos apenas na etimologia, trataremos aqui da “ciência dos lagos”. No entanto, hoje define-se limnologia como sendo o estudo de todos os corpos d’água continentais, sejam quais forem as suas origens, dimensões ou grau de salinidade. Embora o maior número de pesquisas se concentre em lagos e represas, os rios também são objeto de estudos da disciplina, que possui um corpo teórico próprio, mas mantém suas ligações com as ciências que lhe deram origem, como a botânica, a zoologia, a química, a física, a geologia e a climatologia (ver quadro).

Desde 1901, com os trabalhos pioneiros do suíço F.A. Forel, até a década de 1950 predominou na limnologia a discussão sobre a classificação dos lagos. Foi a fase das

discussões de caráter descritivo, que resultou finalmente na classificação dos lagos em três grupos: os eutróficos, com alta concentração de nutrientes e alta densidade de algas; os oligotróficos, pobres em nutrientes e com baixa densidade de algas; os distróficos, pobres em nutrientes disponíveis, com baixa densidade de algas e alta concentração de substâncias húmicas (compostos que dão cor amarelada à água).

Na década de 1950 teve início nova etapa, que se estende até hoje, caracterizada pelo enfoque experimental das pesquisas, buscando elucidar os processos que envolvem a interação das comunidades de animais e vegetais com o seu ambiente, ou seja, o estudo do ecossistema como um todo. Mais recentemente, a elaboração de modelos de funcionamento do ecossistema lacustre tem sido um dos aspectos mais enfocados nas pesquisas limnológicas.

## ALGUNS DOS PRINCIPAIS CAMPOS DE ATUAÇÃO DA LIMNOLOGIA

### Pesquisa do ecossistema

- Pesquisas que possibilitem o entendimento do metabolismo do ecossistema e viabilizem seu manejo e a maximização da biomassa (p.ex. piscicultura).
- Pesquisas que possibilitem minimizar os efeitos da criação de lagos artificiais sobre o ambiente.
- Participação no planejamento, implantação e administração ecológica de reservatórios.
- Elaboração de modelos que possibilitem a avaliação de estocagem de biomassa.

### Utilização racional

- Pesquisas que visem à utilização racional do ecossistema e de suas espécies.
- Pesquisas e ações integradas que garantam a preservação do ecossistema para gerações futuras.

### Controle de qualidade da água

- Identificação de fontes poluidoras e proposições para a sua eliminação.
- Estabelecimento de critérios (biológicos, químicos e físicos) para controle da qualidade da água para irrigação e consumo doméstico e industrial.
- Atuação no controle de efluentes de estações de tratamento em cooperação com técnicos de outras áreas.

### Recuperação de ecossistemas degradados

- Proposição do método mais adequado para a recuperação do ecossistema através de pesquisas integradas.
- Levantamento das fontes de eutrofização artificial e poluição para estabelecimento de critérios para seu controle.
- Realização de pesquisas integradas visando à reconstituição da flora e da fauna nativas.



Embora aparentemente homogêneo, o ecossistema lacustre apresenta-se bem diferenciado estrutural e funcionalmente. Assim, podem-se reconhecer pelo menos quatro compartimentos distintos, mostrados na figura 1:

a) a região litorânea, onde se dá a transição entre os ecossistemas lacustre e terrestre, tem como principais características o grande número de nichos ecológicos, a alta diversidade de espécies animais e vegetais e, conseqüentemente, o elevado número de cadeias alimentares;

b) a região pelágica ou limnética, correspondente à zona mais interior, tem nas algas (o fitoplâncton) e nos animais invertebrados (o zooplâncton) seus principais representantes. Os peixes, que constituem o nécton, são também muito freqüentes;

c) a região profunda, que compreende a parte do fundo do lago, não permite o crescimento de vegetais superiores (macrófitas aquáticas) e, na maioria dos casos, também nem mesmo o crescimento de algas; a comunidade local, chamada bentos (do grego *bénthos*, que significa profundidade), é constituída sobretudo por animais invertebrados e bactérias;

d) a região de interface, entre a superfície da água e o ar, onde encontramos grupos de pequenos animais e mesmo de plantas chamados de néustons.

Esses compartimentos se diferenciam quanto aos tipos de organismos que os habitam e quanto aos padrões de funcionamento, mas permanecem em constante interação, através de trocas de energia e matéria. A luz solar está para o funcionamento dos ecossistemas naturais assim como o combustível está para a máquina. Ela é absorvida pelos vegetais e transformada

com o gás carbônico e nutrientes (fosfato, nitrato, silicatos e outros) em energia química (carboidratos, lipídios e proteínas). Este processo, denominado "produção primária", serve de fonte energética para todas as cadeias alimentares nos ecossistemas lacustres.

Em conseqüência do processo de absorção que a luz solar sofre ao atravessar um corpo d'água, observam-se em um lago duas regiões distintas: a primeira, iluminada ou eufótica, onde predominam os organismos produtores (responsáveis pela síntese do alimento) e os consumidores; abaixo dela, uma região não iluminada ou afótica, onde predominam organismos decompositores, principalmente bactérias, responsáveis pela mineralização das moléculas orgânicas. Essa segunda região é portanto o principal sítio dos processos de reciclagem dos nutrientes, isto é, aquele onde os elementos minerais se tornam novamente disponíveis para os organismos.

De fundamental importância para o metabolismo dos ecossistemas lacustres é o fenômeno da estratificação térmica da coluna d'água. Este fenômeno é resultante do aquecimento diferenciado, uma vez que as camadas superiores dos lagos ou reservatórios são mais aquecidas pelo sol. Como conseqüência, encontramos três níveis distintos, de diferentes densidades: uma superficial, mais quente e menos densa, chamada *epilímnia*; uma profunda, mais fria e mais densa, o *hipolímnia*; e uma intermediária, o *metalímnia* (figura 2).

A época e a duração do período de estratificação dependem principalmente das condições climáticas. Assim, nas regiões temperadas é no verão que os lagos permanecem estratificados, enquanto na pri-

mavera e outono verifica-se a sua desestratificação. Para a maioria dos lagos brasileiros, quase sempre rasos, a circulação total da coluna d'água faz-se em períodos diários (24 horas), com estratificação durante o dia (originada pelo aquecimento da camada superficial) e desestratificação à noite (pelo resfriamento e pela ação do vento). Tal padrão de funcionamento é típico da maioria dos lagos da Amazônia, do Pantanal Mato-grossense e das lagoas e lagos costeiros brasileiros. Estes últimos vêm sendo intensamente estudados pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Limnologia do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos.

Nos lagos brasileiros mais profundos, a ação do vento não é suficiente para romper as diferenças de densidade e causar a desestratificação. Observa-se então que eles permanecem estratificados na primavera, verão e outono, desestratificando-se no inverno. É o caso do lago Poço Verde, na cidade de Coromandel (MG), que também vem sendo estudado pela equipe da Universidade de São Carlos.

Em conseqüência da estratificação da coluna d'água, todos os nutrientes resultantes da decomposição são acumulados no hipolímnia. Paralelamente ocorre o empobrecimento da zona eufótica, o que gera na maioria dos casos a redução da produtividade primária do sistema. Com a circulação da coluna d'água (desestratificação), restabelecem-se as trocas de energia e matéria entre o epilímnia e o hipolímnia e os nutrientes acumulados durante o período anterior são transportados para a região eufótica, sendo novamente absorvidos pelas algas.

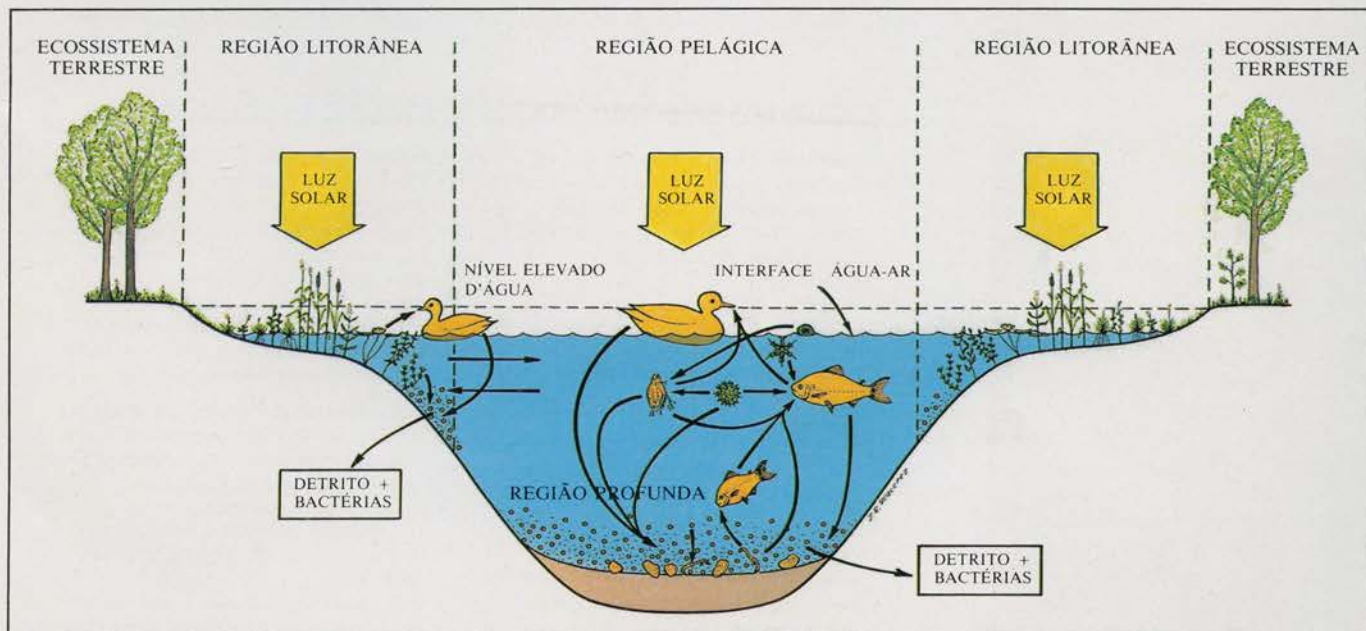


Fig. 1. Diferentes compartimentos de um ecossistema lacustre, evidenciando suas comunidades e inter-relações.



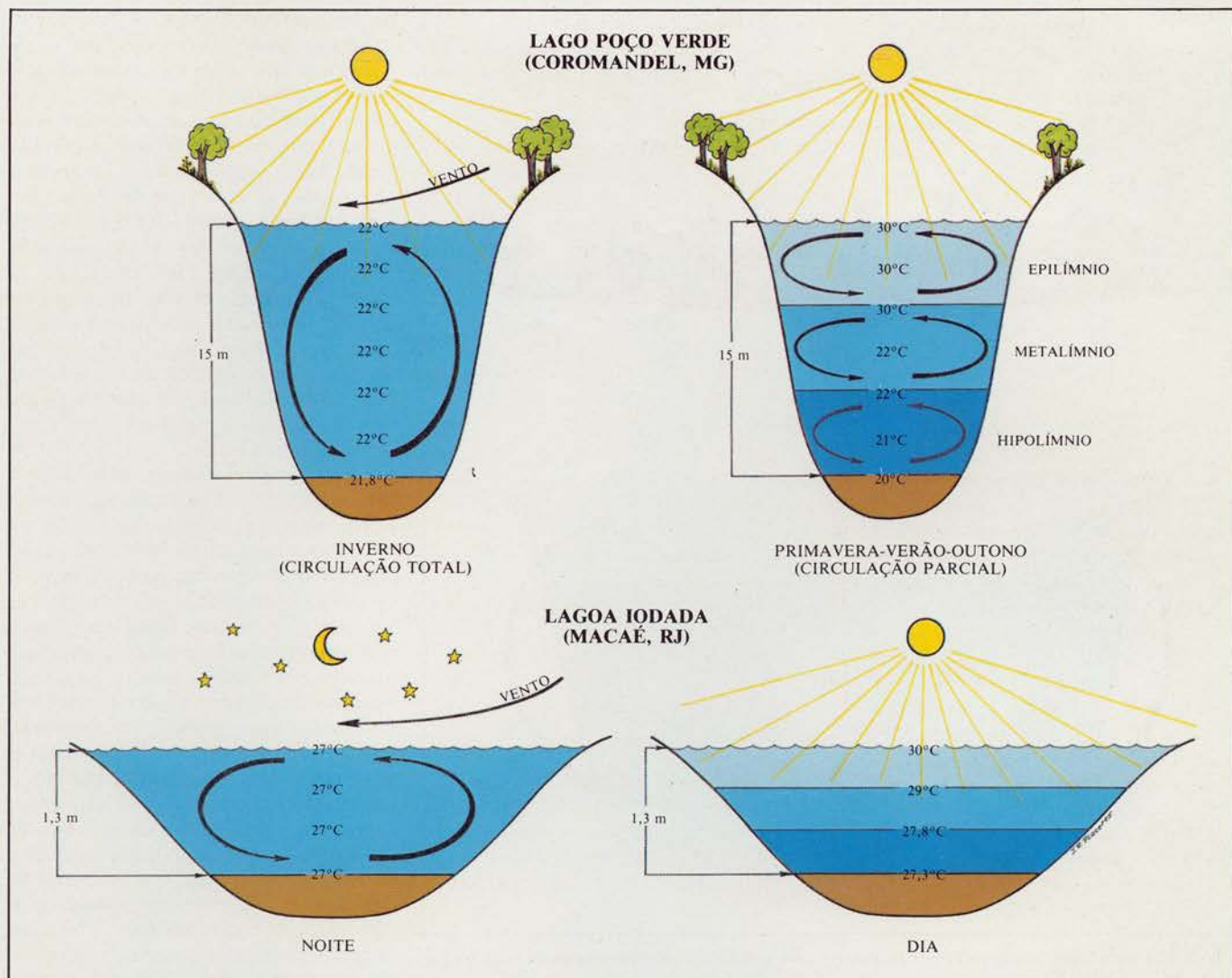


Fig. 2. Padrões de estratificação e destratificação térmica em um lago tropical profundo (Poço Verde, MG) e outro raso (lagoa Iodada, RJ).

Milhares de anos podem decorrer até que um lago apresente as condições ideais para a proliferação de peixes e ostente plantas aquáticas superiores, como as que flutuam na superfície d'água. Na terminologia dos limnólogos, diz-se então que suas condições passaram de oligotróficas a eutróficas, num processo denominado *eutrofização* ou envelhecimento natural. Como desencadeadores da eutrofização natural podem-se citar os nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais, que erodem e lavam a superfície terrestre. Mas o homem aprendeu a reproduzir o processo natural e assim surgiu a eutrofização artificial, também chamada de eutrofização acelerada ou antrópica.

Quando controlada, para fins de piscicultura, a reprodução das condições eutróficas pode ser desejável, pois permite a multiplicação de algas que servem de alimento para os microcrustáceos, que por sua vez constituem o alimento das larvas da maioria dos peixes. Casos de eutrofização arti-

ficial são conhecidos há várias décadas. Já no século passado, piscicultores europeus lançavam mão desse processo para aumentar a produtividade de tanques e lagoas destinados à criação comercial de trutas e outros peixes.

Nas últimas décadas, entretanto, a eutrofização natural tem sido agravada pela eutrofização artificial decorrente do lançamento, nos corpos d'água, de efluentes domésticos e industriais, assim como de água resultante de drenagem de áreas cultivadas com adubos químicos. Com a industrialização de adubos e produtos de limpeza à base de componentes sintéticos (sobretudo compostos fosforados), esse processo se difundiu pelo mundo inteiro (figura 3).

Inúmeras outras atividades rotineiras do homem moderno também geram agentes eutrofizantes, como fosfato, amônia e nitrato. Essas substâncias estão diretamente relacionadas com o processo fotossintético das algas e das plantas aquáticas superiores, uma vez que pertencem à estrutura de muitos compostos importantes para o

metabolismo da célula vegetal, como a adenosina trifosfato e as proteínas. Por serem geralmente encontrados em concentrações muito pequenas no meio aquático, esses nutrientes são considerados como os principais fatores de limitação do crescimento dos vegetais aquáticos. Assim, na maioria dos casos, a elevação de seus níveis de concentração tem como resposta o crescimento das populações de algas e plantas aquáticas superiores, especialmente as flutuantes, como a alface d'água (*Pistia* sp) e o aguapé (*Eichhornia crassipes*).

A eutrofização artificial está geralmente relacionada a alguma forma de poluição, mas as duas não devem ser confundidas. A poluição tem efeitos negativos quase sempre imediatos sobre os organismos aquáticos e o meio ambiente, enquanto os efeitos da eutrofização artificial podem manifestar-se somente após vários anos. Ela pode ser encarada como uma reação em cadeia, de causas e efeitos característicos, que tem como resultado final a quebra do equilíbrio ecológico, pois passa a ha-



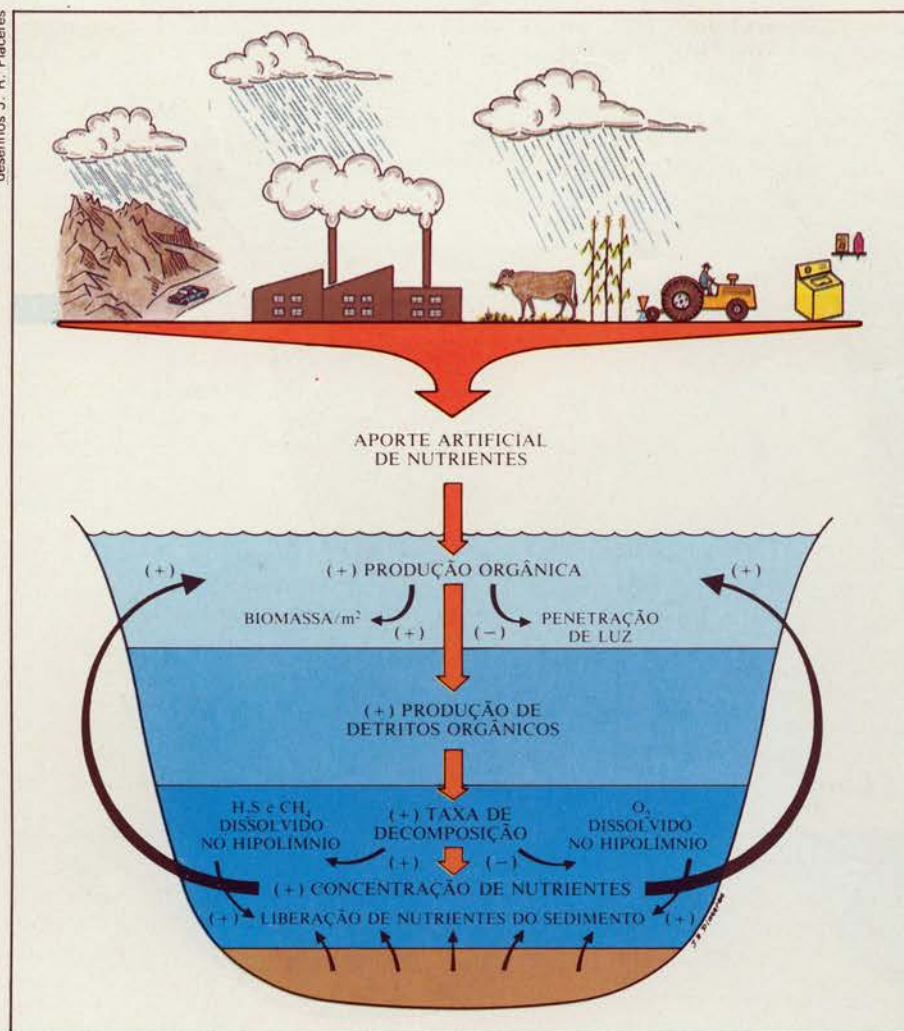


Fig. 3. Esquema simplificado de eutrofização artificial, que modifica aceleradamente todo o equilíbrio do ecossistema lacustre.

ver mais produção de matéria orgânica do que o sistema é capaz de decompor. Esse desequilíbrio ecológico é acompanhado de mudanças radicais no metabolismo de todo o ecossistema lacustre (figura 4). As principais alterações decorrentes dizem respeito às condições físico-químicas do meio (aumento da concentração de nutrientes, alterações significativas no pH em curto período de tempo, aumento da concentração de gases, como metano e gás sulfídrico) e biológicas (alterações na diversidade e na densidade dos organismos).

O aumento da concentração de nutrientes implica não só o aumento da densidade de algas mas também alterações qualitativas, como o surgimento de novas espécies e o desaparecimento de outras. Nos lagos eutrofizados artificialmente observam-se, nos meses mais quentes do ano, altas densidades populacionais de algas, sobretudo as algas azuis (cianofíceas) dos gêneros *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Anabaena* e *Aphanizomenon*, que ostentam florações características do processo de eutrofização artificial. Ao atingir esse estágio, a água do

ecossistema lacustre se torna imprópria para o abastecimento, em especial pela alta quantidade de substâncias tóxicas e malcheirosas, excretadas pelas algas e persistentes mesmo depois da aplicação dos tratamentos mais sofisticados. Na região litorânea, o intenso crescimento de algas filamentosas dificulta a penetração da luz na água e provoca a morte das formas jovens de plantas aquáticas enraizadas no sedimento, justamente aquelas que proporcionariam local adequado à desova dos peixes e à proliferação de organismos que lhes servem de alimento.

O aumento de produção de matéria orgânica vegetal e animal em decorrência da eutrofização artificial tem como consequência direta o aumento da quantidade de detritos orgânicos (restos de matéria orgânica morta). A decomposição desses detritos por microorganismos consome quantidades expressivas de oxigênio. Nessas condições, surgem outros gases resultantes da atividade de bactérias anaeróbias, entre os quais o gás sulfídrico e o metano. São gases extremamente venenosos para a maio-

ria dos organismos aquáticos, especialmente para os peixes. O primeiro, por exemplo, atinge diretamente a hemoglobina — pois reage com o centro ativo desta molécula — formando um complexo (sulfoemoglobina) que impede a assimilação do oxigênio. Assim, peixes e outros organismos morrem por asfixia, o que se vê não raramente na lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro, e em outras. Além dos problemas já mencionados, a falta de oxigênio favorece a liberação de íons (átomos cujo equilíbrio elétrico foi alterado) depositados no sedimento. Entre eles, o ortofosfato pode, por difusão, alcançar a zona eufótica, onde é assimilado pelo fitoplâncton, o que contribui para acentuar ainda mais o processo de eutrofização.

No estágio final do processo de eutrofização artificial, o ecossistema lacustre caracteriza-se pela pouca profundidade, coluna d'água com altos déficits de oxigênio, organismos mortos flutuando na superfície e grande quantidade de "colchões" de algas à deriva. A presença dessas características indica que o ecossistema está agonizante e só poderá ser salvo à custa de investimentos elevados e uso de tecnologia moderna. Várias represas e lagos naturais brasileiros já chegaram a esse ponto, como a maioria das represas do estado de São Paulo, a da Pampulha (Belo Horizonte) e a lagoa Santa, em Minas Gerais. O lago artificial Paranoá (Brasília), que também é uma represa, já atingiu este estágio: estudos técnicos comprovaram que cerca de 70% (81,6 toneladas) do fosfato que chega anualmente a esse sistema origina-se de esgotos domésticos.

A equipe da Universidade Federal de São Carlos pôde constatar o intenso processo de eutrofização artificial a que estão submetidas algumas represas de São Paulo. Entre elas destacam-se as do sistema do rio Tietê. O fato foi comprovado através de análise da água, do estudo das comunidades que habitam esses ambientes e do material depositado (sedimento). Os dados refletem não só as condições a que o sistema está submetido no presente como aquelas que o influenciaram no passado. Assim, a partir da análise sedimentar, especialmente de perfis verticais, foi possível reconstruir a história da evolução do ecossistema.

Foram estudados os perfis de 17 represas. Os resultados das análises quanto à concentração de carbono orgânico, fosfato e feopigmentos (produtos de degradação de clorofilas), cuja concentração é um forte indicador de eutrofização artificial, mostram que a maioria delas está sofrendo esse processo de forma acentuada, especialmente as de Bariri, Ibitinga, Volta Grande e Barra Bonita. Resultados semelhantes foram obtidos por nós na lagoa Santa.



**A**s lagoas da região de Linhares (ES) — especialmente as do Meio, do Aviso, Piaba, Arural e da Teta — também estão sendo objeto de estudos pela equipe da Universidade Federal de São Carlos. Ali os ecossistemas, antes produtores de grande quantidade de peixes e crustáceos para a população local, transformaram-se em ambientes hiper-eutrofizados, com baixa produtividade piscícola, além de impróprios como áreas de lazer. São hoje focos de disseminação de doenças, acarretando sérios problemas sociais.

É, portanto, fundamental que as fontes de eutrofização artificial dos lagos e represas tenham sua eficiência reduzida ao máximo ou sejam eliminadas em tempo hábil, para que não ocorra o "envelhecimento precoce" e a morte do ecossistema. Todos os métodos que visam ao controle desse processo têm como objetivo reduzir o aporte de nutrientes. Entre eles incluem-se a construção de canais para desvio de efluentes contendo agentes eutrofizantes, a utilização de plantas aquáticas flutuantes e o tratamento dos efluentes, até a eliminação dos fosfatos e compostos nitrogenados.

A construção de canais para captação de água de drenagem é mais eficiente para pequenos lagos: após a captação, os efluentes são lançados em outro canal de maior circulação e menor tempo de residência da água. Esse método, relativamente eficaz e de baixo custo, pode ser especialmente re-

comendado para lagos urbanos e periurbanos. É mais recente o uso de plantas aquáticas, como o aguapé, no controle da eutrofização e mesmo para a despoluição de ecossistemas lacustres. No entanto, a falta de pesquisas básicas preliminares sobre esses vegetais tem levado a resultados bastante contraditórios. Algumas experiências com o aguapé, por exemplo, mostraram-se eficientes na eliminação de fosfato, amônia e nitrato; em outras, os resultados não foram satisfatórios. Concretamente, sabe-se que é limitada a capacidade de esses vegetais absorverem nutrientes. Como todos os demais, eles atingem um ponto de saturação celular, a partir do qual a taxa de absorção é reduzida ou mesmo nula.

Para que o processo de deseutrofização tenha êxito, toda biomassa vegetal deve ser eliminada. Caso contrário sua decomposição faria com que os nutrientes nela contidos retornassem ao ecossistema, sobrecarregando-o. Na maioria dos casos, a capacidade de produção de biomassa pelas plantas aquáticas é inferior à quantidade necessária para eliminar parte dos nutrientes que chegam a um lago, mesmo pequeno. Portanto, se o emprego daqueles vegetais na deseutrofização dos lagos é teoricamente viável, na prática sua utilização torna-se limitada. O tratamento dos efluentes em estações especiais é o método mais adequado e eficiente. Consiste no tratamento dos esgotos em três estágios: mecânico, bioló-

gico e químico. Este último é muito importante, pois o fosfato pode ser eliminado em até 90% através da adição de compostos químicos à base de ferro e alumínio. Compostos nitrogenados são eliminados, principalmente na forma de amoníaco, através da elevação do pH.

A formação de grandes e numerosos aglomerados urbanos acarreta crescente necessidade de água para abastecimento e lazer. Hoje, a quase totalidade da atividade humana está ligada aos ambientes aquáticos continentais. Deste modo, a limnologia assume papel vital na sociedade moderna, e o limnólogo torna-se um profissional indispensável a inúmeras atividades. Diante das sérias e indesejáveis consequências da eutrofização artificial, medidas para evitá-la ou paralisá-la devem ser tomadas, sob pena de incalculáveis prejuízos econômicos e sobretudo ecológicos para as gerações vindouras. A preocupação com a manutenção das qualidades naturais das águas continentais torna-se ainda mais evidente quando se considera que, de toda a água existente na biosfera, não mais do que 1% é água doce disponível para as necessidades humanas, e que até o presente o único meio conhecido para aumentar a quantidade de água doce no planeta é a dessalinização, processo de custo elevado e por isso mesmo nem sempre viável.

A contenção dos processos de eutrofização é, portanto, tarefa político-social das mais importantes. À comunidade científica, especialmente aos limnólogos, cabe detectá-los, avaliá-los e propor medidas para seu controle; aos políticos cabe todo o empenho no sentido da criação de leis que viabilizem essas medidas (na Escandinávia e no Canadá, a criação de leis específicas resultou na diminuição do teor de polifosfato dos detergentes e sabões em pó, o que teve como efeito positivo a redução drástica do número de casos de eutrofização). Às autoridades cabe pôr em prática as leis e estimular a comunidade a utilizar de forma racional os ecossistemas lacustres.

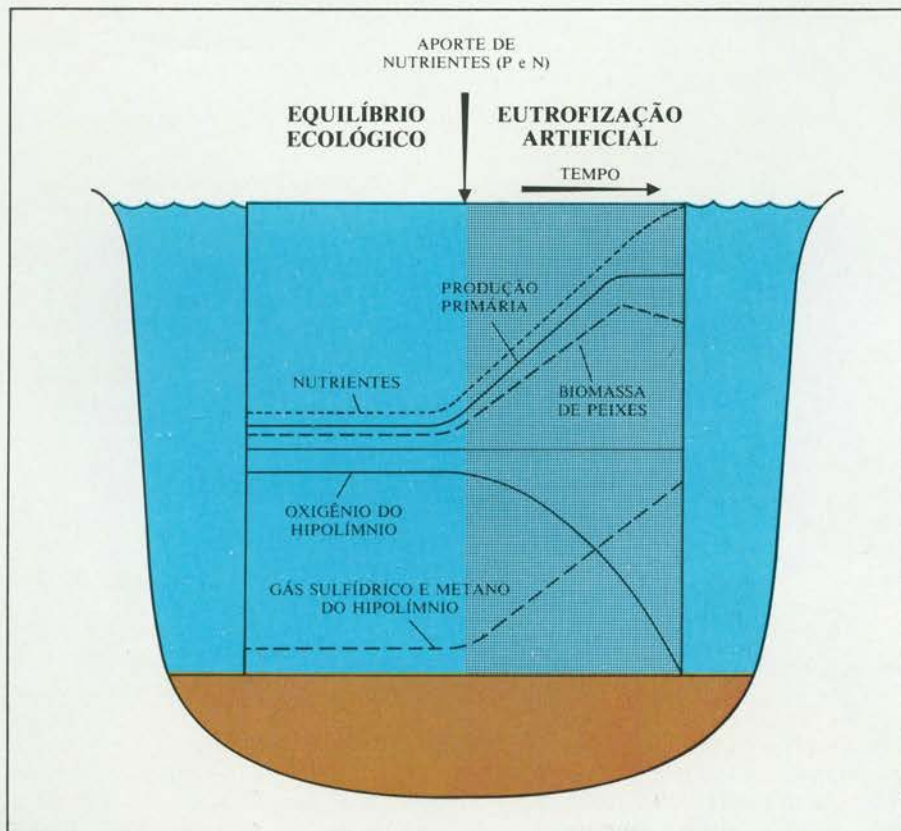


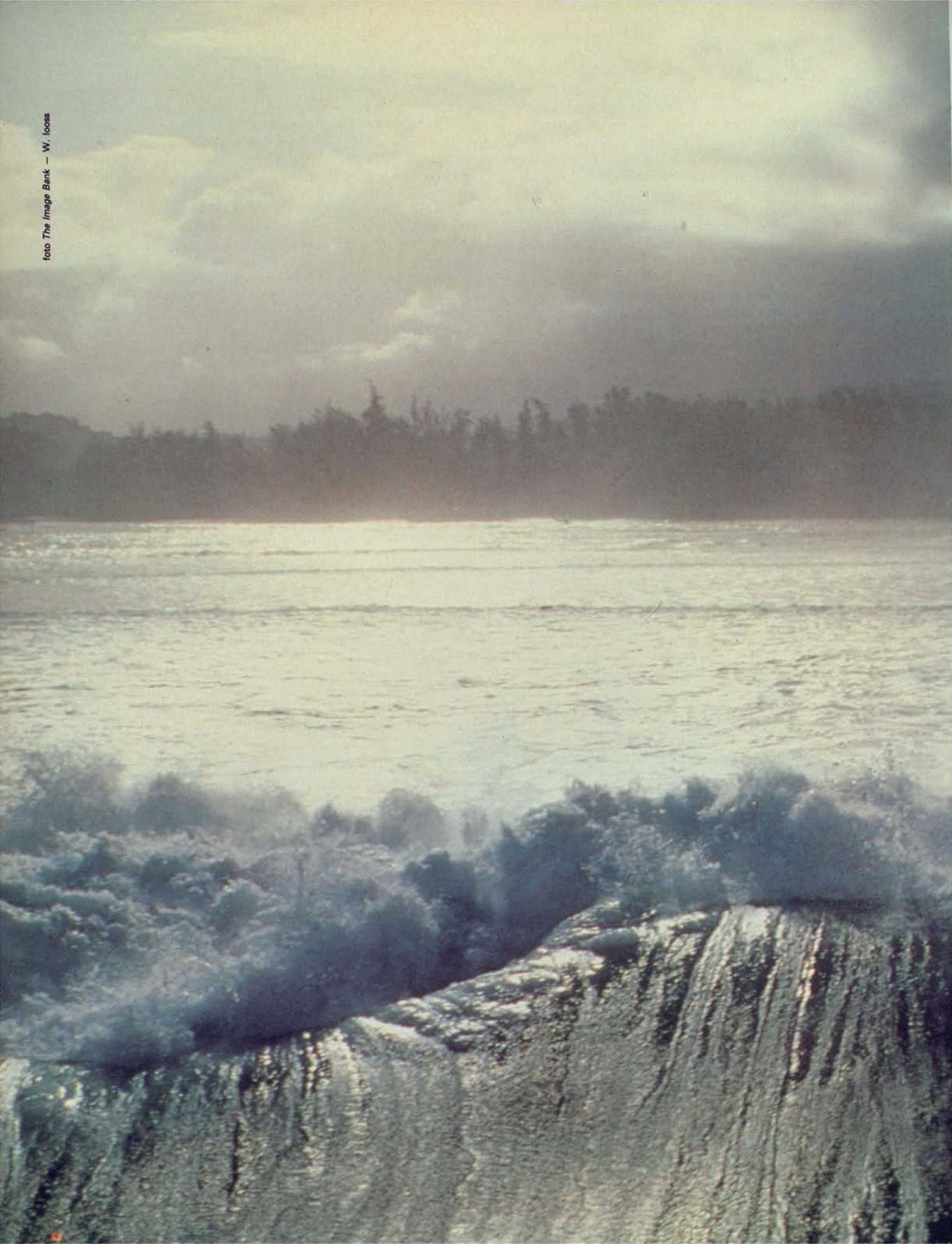
Fig. 4. Consequências do processo de eutrofização artificial para o ecossistema lacustre.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BRANCO S.M., *Poliuição*. Rio de Janeiro, Ed. Ao Livro Técnico, 1972.
- ESTEVES F.A., "A ciência limnologia: aspectos históricos e estratégias de pesquisa", *Spectrum Jornal Brasileiro de Ciências* n° 2, 1982.
- ESTEVES F.A., "Levels of phosphate, calcium, magnesium and organic matter in the sediments of some Brazilian reservoirs and implications for the metabolism of the ecosystems", *Arch. Hydrobiol.* n° 96, 1983.
- ESTEVES F.A. e CAMARGO A.F.M., "Caracterização de sedimentos de 17 reservatórios do estado de São Paulo com base no teor de feopigmentos, carbono orgânico e nitrogênio orgânico", *Ciência e Cultura* n° 34, 1982.









**Luiz Carlos Baldicero Molion**  
Instituto de Pesquisas Espaciais

# ENOS E O CLIMA NO BRASIL

**Alterações anormais nas condições atmosféricas do nosso planeta têm se sucedido nos últimos anos, com prejuízos para as atividades e a vida humana. São efeitos do ENOS, fenômeno que atinge duramente a América Latina. Previsões qualitativas são o recurso para enfrentá-lo.**



As variações dos índices de precipitação pluvial são um dos mais importantes parâmetros meteorológicos, sobretudo quando se trata de regiões tropicais. Todo um conjunto de atividades — a começar pelas agrícolas e hidrológicas, das quais tantas outras dependem — estão estreitamente associadas ao regime das chuvas, sendo gravemente afetadas pelas secas ou enchentes que decorrem da redução ou do aumento das precipitações. A que atribuir a notória variação que esse parâmetro meteorológico tem exibido nos últimos anos?

ENOS considerado dos mais fortes de que se tem registro, cujos efeitos se fizeram sentir em todo o mundo. No Brasil, enquanto as regiões subtropicais eram assoladas por grandes secas, as latitudes temperadas eram castigadas por enchentes catastróficas. Na Amazônia, registraram-se reduções de até 70% nas precipitações de janeiro e fevereiro; no Nordeste, a redução verificada em toda a estação chuvosa foi superior a 80%. Como o país não mantém estatísticas agrícolas atualizadas, torna-se difícil quantificar as perdas decorrentes dessas anomalias. A figura 1 relaciona o número de

As precipitações pluviais estão diretamente relacionadas com as convecções. Estas são movimentos ascendentes de ar úmido, resultantes da ocorrência de pressões atmosféricas mais baixas junto à superfície da Terra, seja em consequência do aquecimento do ar ao contato com essa superfície, seja pela ação de sistemas atmosféricos transientes, de caráter essencialmente dinâmico, como os sistemas frontais (as frentes frias). Por outro lado, as convecções são controladas — intensificadas ou inibidas — pela circulação geral da atmosfera, fenômeno de escala global que resulta de interações complexas entre o planeta e a atmosfera (ver 'Secas, o eterno retorno', em *Ciência Hoje* n° 18).

Uma das mais espetaculares manifestações da variação anual dessa circulação geral é o já mencionado fenômeno da Oscilação Sul. Trata-se de uma espécie de gangorra barométrica com dois centros principais de ação: um deles se localiza sobre a Indonésia e o norte da Austrália e outro sobre o Pacífico Oriental, próximo à costa oeste da América do Sul.

As águas do Pacífico Ocidental (na região da Indonésia e do norte da Austrália) são normalmente mais quentes que as da porção oriental desse oceano. Por isso, é comum ocorrerem ali pressões atmosféricas mais baixas junto à superfície e, conseqüentemente, convecções, que determinam chuvas abundantes. O ar, que sobe nessa região até uma altitude aproximada de 10 km, tende a se deslocar, vindo a descer lentamente sobre o Pacífico Central e o Oriental. Essa descida do ar, chamada subsidência, faz com que a pressão atmosférica junto à superfície se eleve. A esse tipo de movimento do ar dá-se o nome de célula de circulação de Walker, em homenagem ao meteorologista inglês Gilbert Walker, que forneceu o primeiro relato dessas variações acopladas do campo de pressões atmosféricas.

A Oscilação Sul é representada por um índice (IOS) que expressa sua intensidade e sua fase. O IOS é determinado pela diferença entre os desvios de pressão atmosférica ao nível do mar (PNM) registrados nas estações meteorológicas de Darwin, no norte da Austrália, e do Taiti, que são os dois centros de ação mostrados na figura 2. Em outras palavras, o IOS é dado pela PNM do Taiti menos a PNM de Darwin.

A fase positiva da Oscilação Sul ocorre quando o sistema de altas pressões do Pacífico Oriental e o de baixas pressões na Indonésia se intensificam. Assim, quando a PNM do Taiti eleva-se acima de sua média ao mesmo tempo em que a de Darwin reduz-se abaixo da sua, tem-se um IOS positivo. Nessas condições, os movimentos ascendentes de ar intensificam-se, a atividade convectiva cresce e, portanto, aumen-

| Localização                                           | Fenômeno          | Vítimas                         | Perda (US\$) |
|-------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------|
| Estados Unidos                                        |                   |                                 |              |
| Estados montanhosos e do Pacífico                     | tempestades       | 45 mortos                       | 1,1 bilhão   |
| Estados do Golfo                                      | enchentes         | 50 mortos                       | 1,1 bilhão   |
| Havai                                                 | furacão           | 1 morto                         | 230 milhões  |
| Nordeste EUA                                          | tempestades       | 66 mortos                       | —            |
| Cuba                                                  | enchentes         | 15 mortos                       | 170 milhões  |
| México e América Central                              | secas             | —                               | 600 milhões  |
| Equador e norte do Peru                               | enchentes         | 600 mortos                      | 650 milhões  |
| Sul do Peru e oeste da Bolívia                        | secas             | —                               | 240 milhões  |
| Sul do Brasil, norte da Argentina e leste do Paraguai | enchentes         | 600.000 evacuados<br>170 mortos | 3 bilhões    |
| Bolívia                                               | enchentes         | 50 mortos<br>2.600 sem casa     | 300 milhões  |
| Taiti                                                 | furacão           | 1 morto                         | 50 milhões   |
| Austrália                                             | secas e fogo      | 71 mortos<br>8.000 sem casa     | 2,5 bilhões  |
| Indonésia                                             | secas             | 340 mortos                      | 500 milhões  |
| Filipinas                                             | secas             | —                               | 450 milhões  |
| Sul da Índia e Sri Lanka                              | secas             | —                               | 150 milhões  |
| Sul da China                                          | chuvas excessivas | 600 mortos                      | 600 milhões  |
| Oriente Médio, principalmente Líbano                  | frio e neve       | 65 mortos                       | 50 milhões   |
| Sul da África                                         | secas             | doenças e famintos              | 1 bilhão     |
| Península Ibérica e norte da África                   | secas             | —                               | 200 milhões  |
| Europa Ocidental                                      | enchentes         | 25 mortos                       | 200 milhões  |

Fonte: A.D. Moura. 'É possível resgatar o tempo perdido?', *Revista Brasileira de Tecnologia*, vol. 17, n° 1, 1986.

Fig. 1. Perdas ocasionadas pelo fenômeno El Niño em 1982-83.

Apresentado como o grande vilão dos flagelos climáticos que têm castigado o planeta, o fenômeno El Niño já ocupou muito tempo de televisão e muito espaço nos jornais. Mas as variações da circulação atmosférica de escala global que determinam essas anomalias só podem ser compreendidas se considerarmos a ação combinada do El Niño com a de outro importante fenômeno, a 'Oscilação Sul', conjugação a que se deu o nome de ENOS (ver 'El Niño de volta em 1986?' em *Ciência Hoje* n° 25, p. 20).

Os meses entre fevereiro de 1982 e outubro de 1983 foram marcados por um evento

vítimas e o montante do prejuízo registrado em diversas partes do mundo no mesmo ano agrícola. Vemos ali que na Austrália, por exemplo, o prejuízo ocasionado pela perda da safra somou 2,5 bilhões de dólares.

Em 1983 e 1987, excessos de precipitação voltaram a ocasionar inundações no Brasil, especialmente nas regiões Sul e Sudeste. Mais uma vez, é impossível quantificar com precisão os danos socioeconômicos acarretados. Sabe-se, contudo, que houve grande perda de vidas humanas e que os prejuízos materiais foram da ordem de bilhões de dólares.



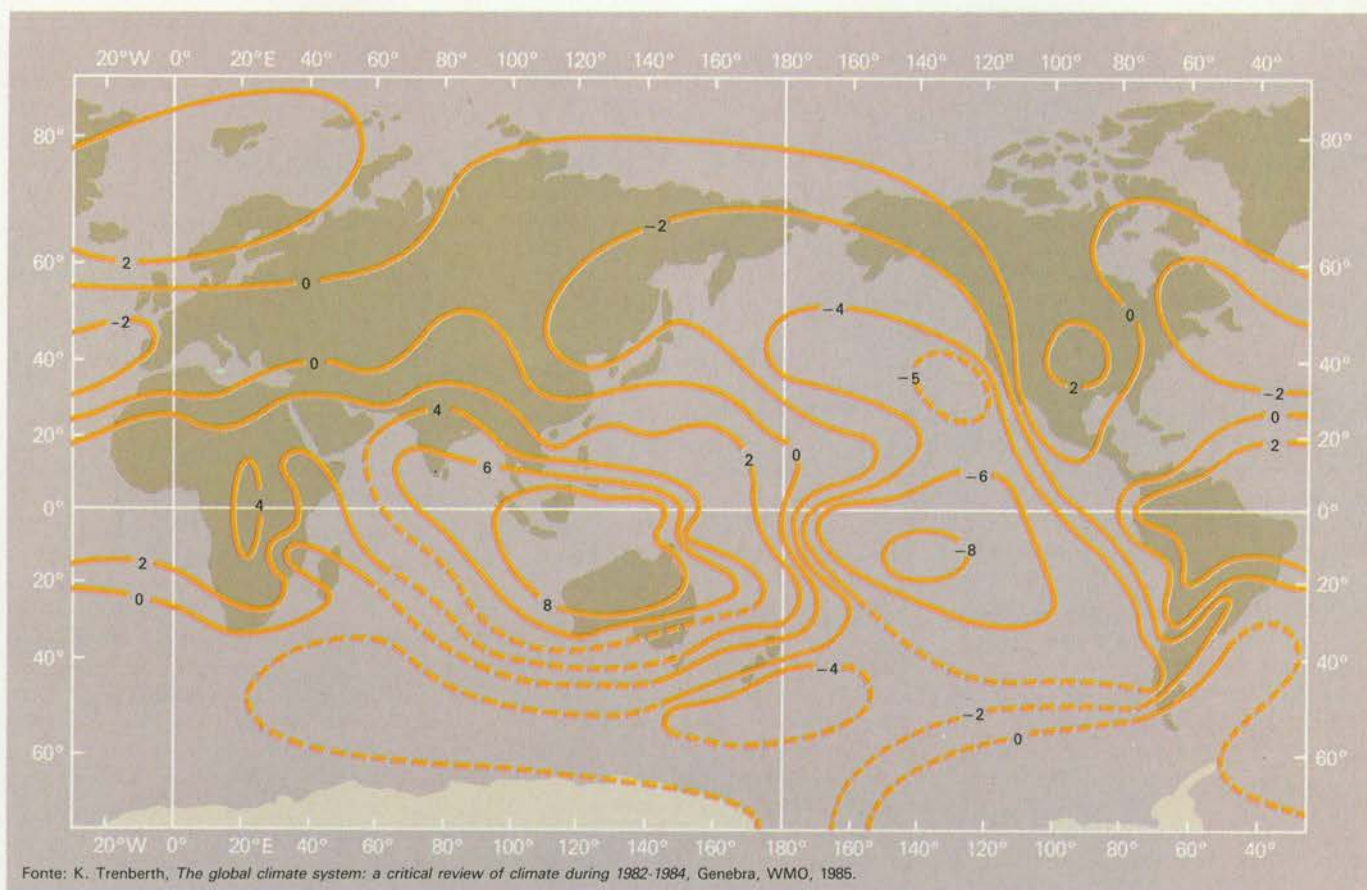


Fig. 2. Isolinhas de coeficientes de correlação (x10) das médias anuais de pressão atmosférica ao nível do mar entre a estação de Darwin (12°S; 130°E), no norte da Austrália, e estações selecionadas do mundo inteiro. Observe-se a elevada correlação negativa sobre o Pacífico Centro-Oriental, representado pela estação do Taiti (17°S; 150°W), na Polinésia francesa. Os sinais contrários nas correlações são indicativos da alternância do campo de pressões atmosféricas — a chamada gangorra barométrica. Note-se ainda que a América do Sul apresenta baixas correlações, positivas nas regiões ao norte e negativas ao sul, o que sugere a existência de uma outra gangorra sobre o continente, desta vez no sentido norte-sul.

tam as precipitações sobre a Indonésia e o norte da Austrália.

Simultaneamente, cresce a atividade convectiva sobre a Amazônia e o Nordeste do Brasil. O ar que ascende nessas regiões desce sobre o Pacífico Centro-Oriental bem como sobre todo o Atlântico subtropical, contribuindo para o aumento da PNM e inibindo a formação de nuvens de chuvas nessas regiões, num movimento que configura uma outra célula de circulação de Walker (figura 3).

Durante a fase positiva da Oscilação Sul, o aumento do gradiente horizontal de pressão — isto é, a diferença de PNM entre o Pacífico Oriental e o Ocidental — intensifica os ventos alísios de sudeste. Em consequência, há um acentuado transporte de águas na direção oeste, o que provoca o fenômeno da ressurgência, isto é, o afloramento de águas mais frias, desde a costa oeste da América do Sul até o Pacífico Central.

Na fase negativa, tanto o sistema de baixa pressão, na Indonésia e no norte da Austrália, como o de alta pressão, no Pacífico Oriental, enfraquecem. O gradiente horizontal de PNM reduz-se e, conseqüentemente, os ventos alísios diminuem de in-



Fig. 3. Em (a), vê-se a representação esquemática da circulação de Walker para um ano normal, com três células distintas sobre a África, a América do Sul e a Indonésia/Norte da Austrália. Em (b), a mesma circulação num ano de forte El Niño. As setas para cima indicam movimentos de ar ascendentes que sobem até cerca de 10 km e se deslocam, vindo a descer sobre os oceanos subtropicais.



tensidade, chegando por vezes a tomar o sentido inverso na parte ocidental do Pacífico. Com isto, o transporte de águas e a ressurgência diminuem, o que dá lugar a uma série de fenômenos oceânicos entre os quais se destacam as ondas de Kelvin. Estas, internas ao oceano, deslocam-se rapidamente do Pacífico Ocidental para o Oriental, ocasionando um brusco aquecimento das águas de superfície próximas à costa oeste da América do Sul.

É esse aquecimento anômalo da temperatura de superfície do mar nessa região que configura o fenômeno El Niño (menino Jesus em espanhol), assim batizado por ocorrer nas proximidades do Natal. A convecção intensa se desloca sobre as águas anormalmente aquecidas, mudando por completo a configuração da circulação de Walker: o ar descerá tanto sobre a Austrália e a Indonésia como sobre a Amazônia e o Nordeste brasileiros, determinando escassez de chuva nessas regiões.

Segundo Vernon Kousky e Iracema Cavalcanti, a tendência do fenômeno El Niño a ocorrer no verão do hemisfério Sul indica que o ciclo sazonal tem papel importante na Oscilação Sul. Se os alísios forem mais fortes que o normal durante um verão, as águas do Pacífico Ocidental se aquecerão, pois haverá, então, 18 meses consecutivos de alísios fortes. Quando esses ventos enfraquecem no verão seguinte, criam-se condições favoráveis para a ocorrência de um evento El Niño. Se permanecerem fracos durante o inverno, seguir-se-á um período de 18 meses de ventos fracos e essa poderá ser, portanto, a duração do evento El Niño.

Ocorrências de El Niño sempre foram desastrosas para a economia dos países da costa oeste da América do Sul, em especial

pelos prejuízos que causam à pesca, que é ali uma importante fonte de renda. Enquanto o evento perdura, o afloramento de águas mais frias — a ressurgência — diminui, ou mesmo não acontece, o que afeta drasticamente a piscosidade. Esse efeito é tão marcado que o exame de relatórios da indústria pesqueira permitiu reconstruir uma série temporal de ocorrências do El Niño desde 1725. Bem mais confiável, porém, é a série que leva em conta também os dados de pressão atmosférica registrados nas estações de Darwin e do Taiti, uma vez que a Oscilação Sul e o El Niño estão correlacionados. Um tratamento estatístico dessa série feito por William Quinn e colaboradores indica que, a intervalos de sete-oito anos, a probabilidade da ocorrência de um El Niño é de 35%, elevando-se a nada menos que 82% a intervalos de 15-16 anos.

A origem desse fenômeno — cuja física já é relativamente bem conhecida — ainda não foi desvendada. Os cientistas, em sua maioria, concordam que o ENOS é uma decorrência do acoplamento entre o oceano e a atmosfera, mas a causa primária da mudança da fase negativa para a positiva e vice-versa ainda não foi elucidada. O acoplamento oceano-atmosfera não poderia explicar por si só essa oscilação de fase, pois a viscosidade dos fluidos tenderia a trazê-los ao repouso. Deve haver, portanto, um fator fora do sistema que seja o responsável primário pelo ENOS.

Uma das hipóteses hoje consideradas é a de que esse fator basicamente determinante sejam pequenas variações na rotação da Terra. De fato, já se observou uma concomitância entre fortes ENOS e um ligeiro aumento no comprimento do dia (da ordem de três milissegundos). Outra hipóte-

se também considerada é a de que ENOS seria consequência da liberação submarina de grandes quantidades de calor de magma ejetado por vulcões ativos no fundo do oceano ou de outros processos relacionados à cordilheira submarina do Pacífico, que está relativamente mais próxima do continente sul-americano. A água aquecida levaria por volta de dez a 15 dias para emergir e aumentar a temperatura das águas superficiais do oceano; tal aquecimento, por sua vez, atuaria sobre a atmosfera, desencadeando todo o processo.

O evento El Niño de 1982-83, marcado por excepcional elevação da temperatura de superfície do mar, como mostra a figura 4, causou grandes anomalias climáticas no mundo inteiro. No Brasil, praticamente todo o Sul e o Sudeste apresentaram, nos trimestres março-abril-maio e junho-julho-agosto de 1983, precipitações que superaram os níveis normais por mais de meio desvio-padrão (figura 5). Os índices pluviométricos da cidade de São Paulo apresentaram em maio uma elevação de mais de 300% enquanto os de Lajes (SC) excederam o normal em mais de 650% em junho. Segundo Kousky e Cavalcanti, a precipitação excessiva foi causada por sistemas frontais, isto é, frentes frias, que, ficando bloqueadas, teriam permanecido muito tempo estacionadas sobre essas regiões, tendo grande atividade.

Normalmente, os sistemas frontais que penetram na América do Sul avançam rapidamente rumo ao equador. Quando a corrente de jato subtropical — cuja velocidade máxima de vento que se verifica na troposfera superior, a cerca de 10 km de altitude — é mais intensa que o normal, ela impede o deslocamento dessas frentes, que

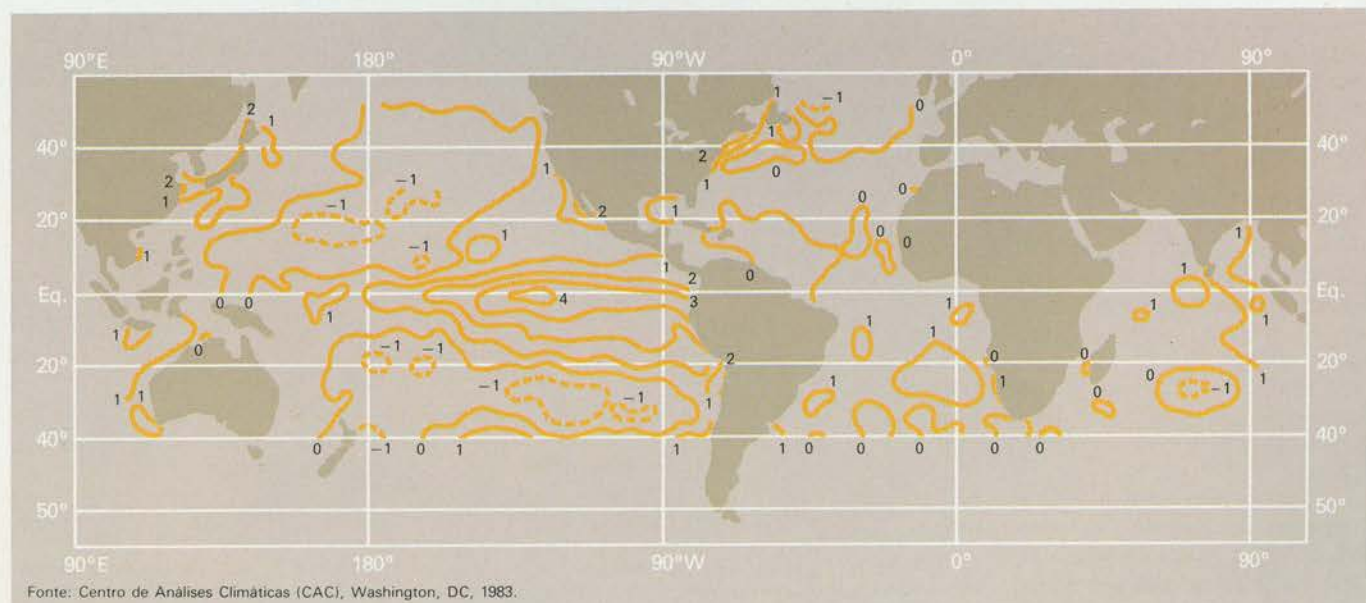
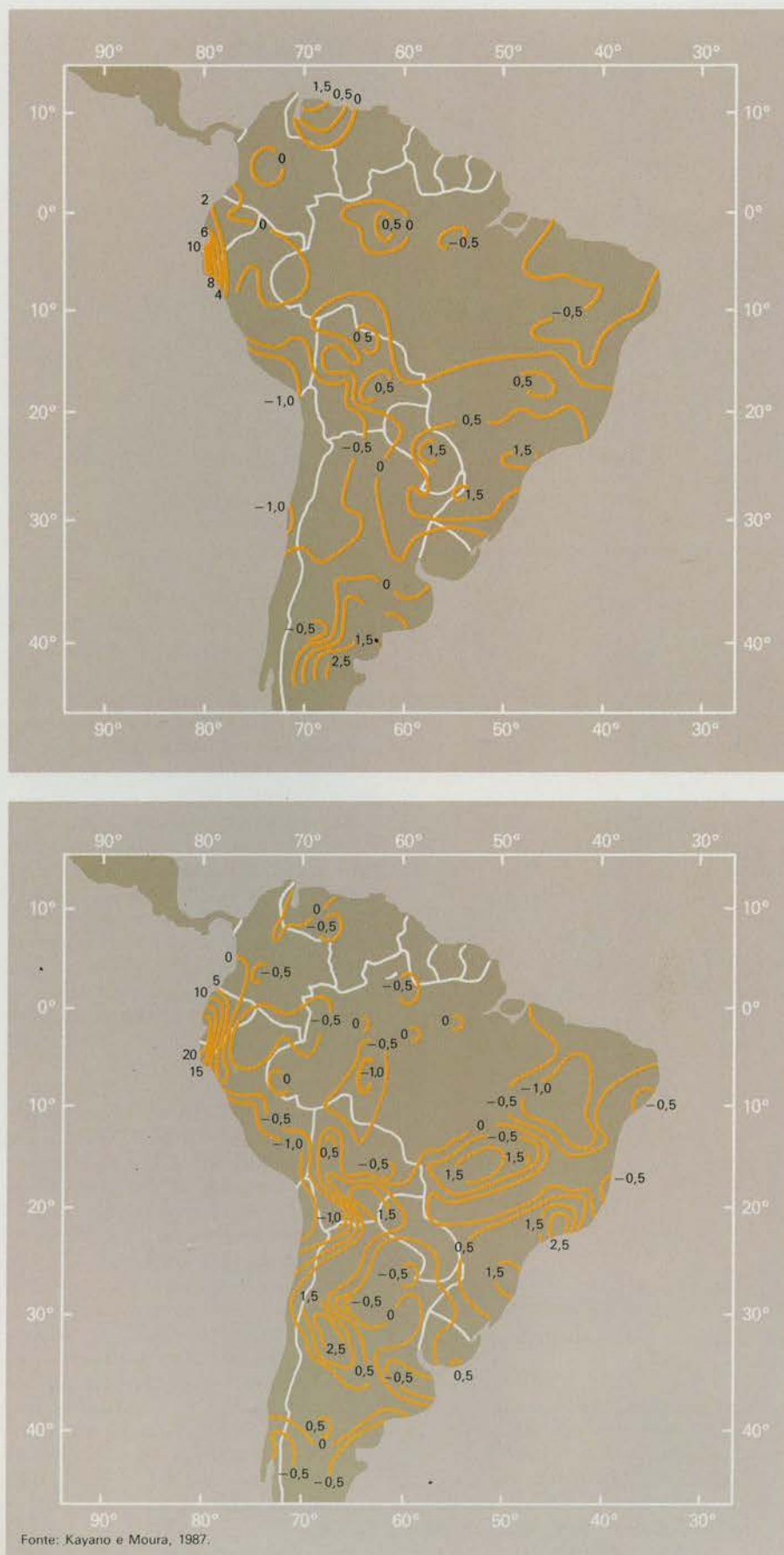


Fig. 4. Anomalias de temperatura da superfície do mar para o trimestre dezembro-janeiro-fevereiro de 1983, ano de forte El Niño.





ficam detidas na região ao sul do jato. Nesse caso, a forte atividade convectiva associada às frentes produz chuvas abundantes. Nos anos de El Niño, os jatos se intensificam. De fato, nos trimestres de março-abril-maio e junho-julho-agosto de 1983, observou-se um jato cuja intensidade era quatro a cinco vezes superior à normal. Os conseqüentes bloqueios do escoamento atmosférico sobre o Pacífico Oriental e a América do Sul fizeram com que as frentes frias estacionassem sobre o Sudeste e o Sul do país. Por efeito dessa mesma configuração atmosférica, o Norte e o Nordeste viveram, na mesma ocasião, a maior seca ali registrada em 20 anos.

Se a fase negativa da Oscilação Sul está associada a eventos El Niño, a fase positiva (IOS positivo) correlaciona-se a um evento contrário, a que se deu o nome de Anti-El Niño, ou La Niña. Neste caso, a pressão atmosférica eleva-se acima do normal no Taiti e cai em Darwin. O gradiente horizontal de pressão mais forte intensifica os ventos alísios, a ressurgência aumenta e as águas de superfície do Pacífico Oriental e Central ficam mais frias que o normal (figura 6). Observou-se que, nessas circunstâncias, a atividade convectiva sobre a Amazônia e o Nordeste aumenta e, com ela, os totais pluviométricos.

Por sua vez, a célula de Hadley — o componente meridional da circulação troposférica entre as regiões equatoriais e tropicais — tem seu movimento de ar descendente intensificado sobre o Sudeste e o Sul do Brasil, abrangendo também o Paraguai, o Uruguai e o norte e o centro da Argentina. Esse fato, associado aos bloqueios no escoamento atmosférico que ocorrem sobre o Pacífico Oriental, inibe a convecção e reduz a precipitação sobre essas regiões.

Ocorrências típicas de Anti-El Niño tiveram lugar em 1978-79, 1985-86 e 1988-89. Em outubro de 1985, por exemplo, os índices pluviométricos da cidade de São Paulo reduziram-se em 88%, enquanto em Santa Maria e Cruz Alta (RS) a redução foi de 45 a 81%, respectivamente. O mês de janeiro — em que um índice adequado de precipitação é decisivo para o bom rendimento da lavoura gaúcha de soja — foi marcado em 1979 e em 1986 pela redução das chuvas, que chegou a 70% em Cruz Alta e a 67% em Porto Alegre (figura 7).

A análise de índices pontuais de precipitação pluviométrica nem sempre reflete, contudo, a magnitude e a extensão da atividade convectiva e das chuvas associadas ao fenômeno ENOS, dada à escassez de estações climatológicas, mesmo nas regiões Sul e Sudeste. Em colaboração com José Carvalho de Moraes, correlacionei uma série IOS com as vazões de vários rios da América do Sul. Tomando séries de IOS construídas a partir dos dados fornecidos

Fig. 5. Isolinhas de desvios de precipitação normalizadas pelo desvio-padrão para os trimestres março-abril-maio (no alto) e junho-julho-agosto de 1983.



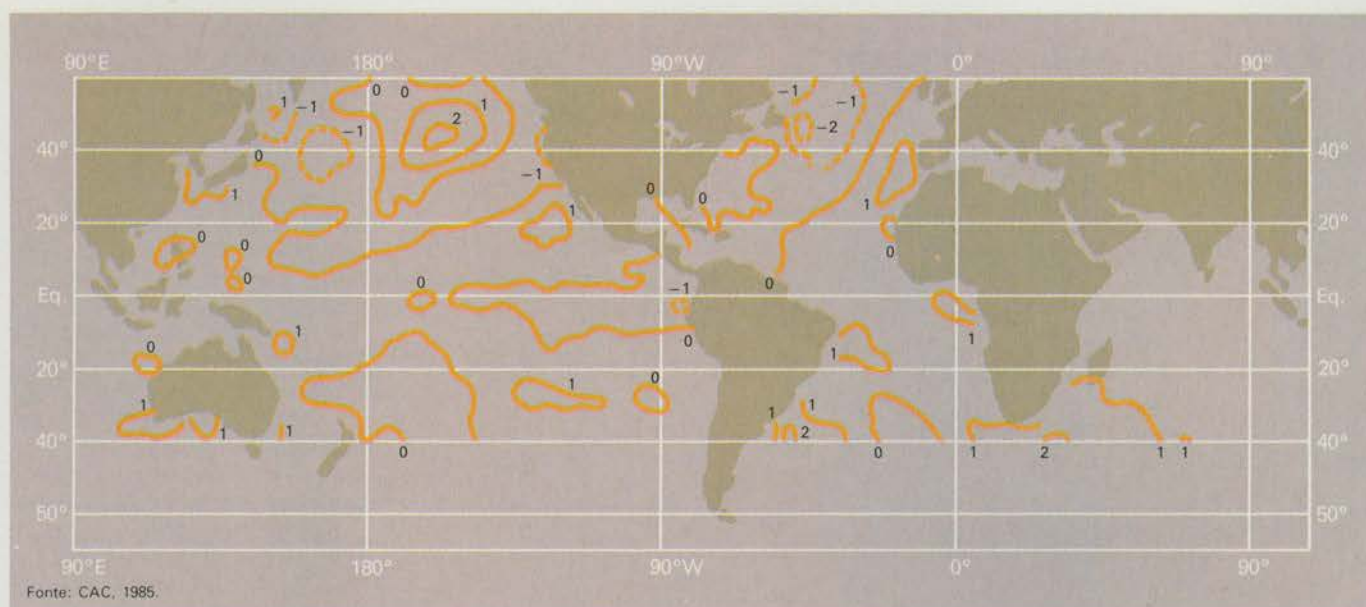


Fig. 6. Anomalias de temperatura de superfície do mar para o trimestre setembro-outubro-novembro de 1985, associadas ao Anti-El Niño.

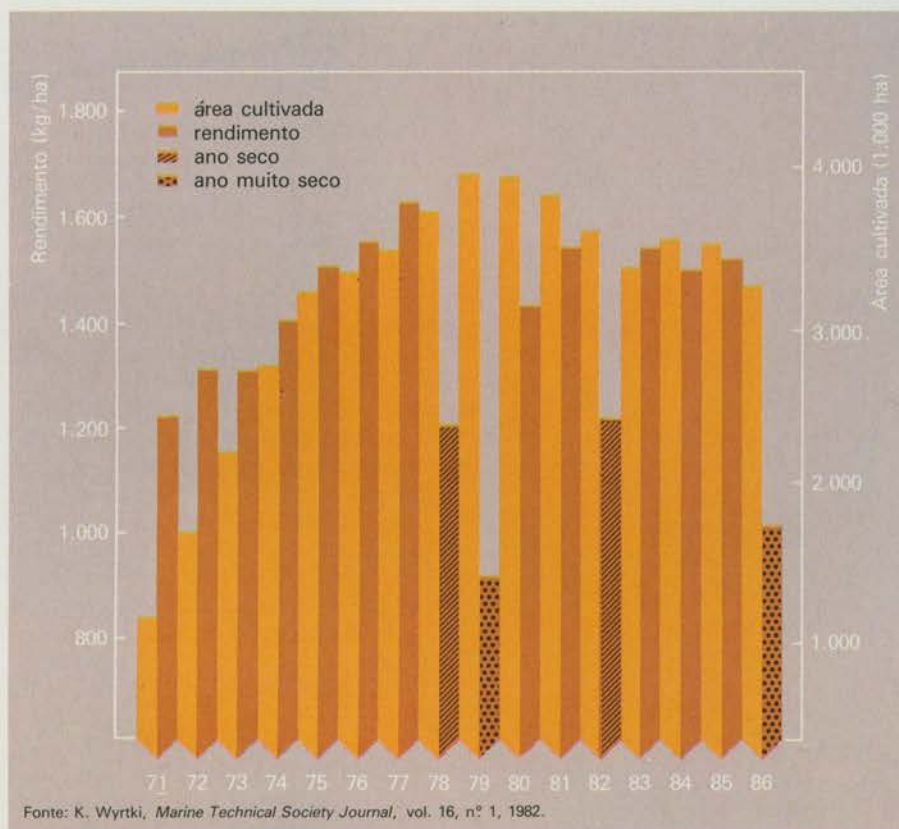


Fig. 7. Rendimento de grãos de soja no Rio Grande do Sul e área cultivada correspondente ao período de 1970-71 a 1985-86.

pelas estações do Taiti e de Darwin e medidas da vazão do rio Paraná em Corrientes, na Argentina, num período de 76 anos (1901-1976). Tomando apenas os eventos extremos, obtivemos uma correlação de  $-0,74$ , o que indica que as vazões extremas estão negativamente correlacionadas com o IOS: se este é altamente positivo, a vazão é abaixo do normal e vice-versa.

A possível explicação física para esse fato é que IOS positivos estão relacionados com movimentos ascendentes sobre a Amazônia e o Brasil Central. Conseqüentemente, o ramo descendente da célula de Hadley se intensifica, produzindo elevação da pressão atmosférica sobre a bacia do Paraná, o que reduz as chuvas e as vazões concomitantes. Por outro lado, IOS negativos (El

Niño) estão associados com movimentos de ar descendentes sobre a Amazônia e o Brasil Central. As pressões atmosféricas elevadas resultantes dessa subsidência bloqueiam ou impedem a propagação de sistemas frontais, que permanecem assim estacionários sobre a bacia, produzindo grandes totais pluviométricos e vazões maiores que o normal.

A temperatura do ar, que na maior parte da América do Sul não é um fator limitante para a agricultura, tem grande influência sobre essa atividade nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. E o que se observa é que, em anos de El Niño (IOS negativo), o inverno tende a ser mais úmido e ameno, enquanto em anos de Anti-El Niño (IOS positivo) ocorre o contrário: a estação é mais seca e fria que o normal, como ocorreu em 1975 e 1988.

**F**enômeno de grande escala espacial, o El Niño-Oscilação Sul afeta as circulações atmosféricas. As perturbações climáticas de âmbito global por ele impostas interferem severamente nas atividades humanas. De maneira geral, sua fase negativa (El Niño) está associada a períodos secos nas regiões tropicais e a períodos quentes e úmidos nos extratropicais. A fase positiva (Anti-El Niño) é marcada pelos eventos contrários: períodos úmidos nos trópicos e secos e frios fora deles. No Brasil, dada a extensão do seu território, verificam-se as duas faces do fenômeno: temos secas na Amazônia e no Nordeste e excesso de chuvas no Sul e no Sudeste nos anos de El Niño e o contrário nos anos de Anti-El Niño.

Dada a natureza persistente do fenômeno — um evento forte pode perdurar até cerca de 18 meses —, deve ser possível pre-



ver suas conseqüências climáticas com certa antecedência, pelo menos qualitativamente. Mark Cane, por exemplo, afirma ser possível prever um evento ENOS com pelo menos um ano de antecedência.

Cabe considerar ainda que, se é durante o verão e o outono que as atividades agrícolas e hidrológicas do país têm maior importância econômica, as precipitações de primavera são decisivas para o restabelecimento da umidade do solo e o enchimento dos reservatórios. Usando dados relativos a 41 anos, Vladamudi Rao e Kioshi Hada estudaram a correlação entre IOS e precipitação para algumas estações do Brasil. Como se observa na figura 8, os coeficientes de correlação simultânea mais altos e consistentes do país foram obtidos com os dados do Rio Grande do Sul. Para o trimestre setembro-outubro-novembro, eles eram superiores em valor absoluto a -0,6, ou seja, a precipitação nesses meses é abaixo do normal quando o IOS do primeiro trimestre é positivo, e vice-versa. Outra região de correlação máxima — neste caso positiva — é a bacia do Trombetas, no oeste do Pará.

Para testar a validade do IOS como predictor, esses autores fizeram correlações atrasadas, também chamadas 'lag 1'. Para tanto, tomaram o IOS do trimestre anterior (junho-julho-agosto) e o correlacionamento com o da primavera (setembro-outubro-novembro), apresentando também valores significativos. Esses resultados são animadores porque o trimestre setembro-outubro-novembro é o período de plantio e estabelecimento das lavouras. É também o trimestre inicial do ano hidrológico, quando a operação das barragens envolve decisões críticas, como sangrar os reservatórios ou alocar volumes de espera para a estação chuvosa. Ao que tudo indica, portanto, o monitoramento contínuo das condições do Pacífico e do IOS nos meses de junho-julho-agosto permite detectar a fase do evento e, em princípio, prever qualitativamente a precipitação do trimestre seguinte (setembro-outubro-novembro) com antecedência suficiente para a tomada de decisões.

Previsões com mais de um ano de antecedência — obviamente qualitativas —, caso se mostrem possíveis, serão de um be-

nefício incalculável para o planejamento das atividades humanas. Uma agricultura das proporções da que hoje se desenvolve no Brasil não pode ficar à mercê do caráter irregular das flutuações climáticas, principalmente no que se refere às precipitações pluviais. Só os estados do Rio Grande do Sul e Paraná, por exemplo, produzem uma média de oito milhões de toneladas de soja, o que equivale a 2,5 bilhões de dólares. Também a geração de energia hidrelétrica envolve milhões de dólares, inclusive pelo que representa em termos de economia de petróleo.

Os meteorologistas não podem, é claro, evitar ou modificar anomalias climáticas como as que aqui descrevemos. Em contrapartida, podem, por meio de estudos e previsões, contribuir para minimizar os seus efeitos. O Instituto de Pesquisas Espaciais (Inpe), em São José dos Campos, criou recentemente um Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) que, trabalhando em colaboração com o Centro de Análises Climáticas (CAC) — órgão do Centro Meteorológico Nacional dos EUA —, já tem conhecimento e condições adequadas para realizar uma monitoração contínua das condições atmosférico-oceânicas do Pacífico. Com a entrada em funcionamento do supercomputador do CPTEC, teremos condições de simular numericamente as variações climáticas, podendo assim alcançar o limite possível da previsibilidade atmosférica permitido pelos conhecimentos de que hoje dispomos. Esperamos, então, ser capazes de prever, por exemplo, a qualidade da estação chuvosa com dois a três meses de antecedência, informação que terá grande retorno socioeconômico para o país.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- CANE M., 'Air-sea interactions and the predictability of ENSO episodes'. Conferência sobre dinâmica geofísica fluida com ênfase especial sobre o El Niño. São José dos Campos, Inpe, julho de 1987.
- KAYANO M.T. e MOURA A.D., 'O El Niño de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul', *Revista Brasileira de Geofísica*, 1987.
- KOUSKY V.E. e CAVALCANTI I.F.A., 'Eventos Oscilação Sul-El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação', *Ciência e Cultura*, vol. 36, nº 11, 1984.
- MOLION L.C.B. e MORAES J.C., 'Oscilação Sul e descarga de rios na América do Sul tropical', *Revista Brasileira de Engenharia*, *Cadernos de Hidrologia*, vol. 5, nº 1, 1987.
- RAO V.B. e HADA K., *Characteristics of rainfall over Brazil: Season all variations and connection with the Southern Oscillation*. São José dos Campos, Inpe 4432-PRE/1234, 1987.
- QUINN W.N. et al., 'Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño and Indonesian droughts', *Fishery Bulletin*, nº 76, 1978.



Fonte: Rao e Hada, 1987.

Fig. 8. Isolinhas de coeficientes de correlação simultânea entre o índice da Oscilação Sul (IOS) e o índice pluviométrico para o Brasil no trimestre setembro-outubro-novembro.





# CACTÁCEAS

# OS SEGREDOS

# DA SOBREVIVÊNCIA

**Carlos Toledo Rizzini** Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Dotadas de feições peculiares, as cactáceas apresentam notáveis especializações anatômicas, morfológicas e funcionais. Graças a elas, conseguem rápida absorção, grande retenção e mínimo consumo de água, captada das chuvas ou diretamente do ar. Em algumas espécies, até os espinhos integram o aparelho de renovação do suprimento hídrico, facilitando a adaptação a ambientes hostis.

**A**s cactáceas distribuem-se desde a província de Alberta, no Canadá, até a fria Patagônia, no extremo sul da Argentina. A maioria vive em solos secos e escassamente húmidos, prevalentemente minerais, muitas vezes pedregosos, arenosos ou mesmo argilosos. Inúmeras são saxícolas, isto é, crescem em solos pedregosos ou nas fendas das rochas, como *Melocactus* e *Coleocephalocereus*. Isto tanto nos altiplanos, até 3.000 metros, quanto nos litorais, lugares que recebem intensa radiação solar, sendo, portanto, fortemente actínicos. Fato paradoxal: essas plantas suculentas (isto é, dotadas de parênquimas aquíferos exageradamente desenvolvidos) e xerófilas (ou seja, resistentes à falta d'água) habitam também matas tropicais, úmidas e sombrias, embora em número reduzido. Exemplos são *Strophocactus*, *Zygocactus*, *Schlumbergera* e *Epiphyllum*.

Ninguém sabe ao certo quantas espécies tem a família, pois enquanto umas submergem na sinonímia, outras emergem como

novos *taxa*. Contagens por mim realizadas, aproximadas o quanto possível da realidade, revelaram que as cactáceas englobam em torno de 239 gêneros e 3.300 espécies. Curt Backberg, em 1966, indicava 233 gêneros e 2.797 espécies.

Cerca da metade dos gêneros ocorre no México, pouco mais ou menos na América do Sul e perto de 1/4 nos Estados Unidos. Gêneros e espécies norte-americanos são diferentes, em sua grande maioria, dos que vegetam em nosso continente. É uma notável exceção que *Pilosocereus ulei*, endêmico na região de Cabo Frio (RJ), e *P. cenepequei*, endêmico em Pedra Azul (MG), sejam mais parecidos com os representantes mexicanos do que com as espécies nativas do Brasil em geral. Quando um gênero é comum aos hemisférios Sul e Norte, o número de entidades muitas vezes difere. Por exemplo: segundo Helia Bravo, havia 134 espécies do gênero *Mammillaria* no Norte e apenas duas na América do Sul; o gênero *Rhipsalis*, ao contrário, engloba





foto Eddie Esteves Pereira

*Coleocephalocereus estevesii*



quatro espécies lá e 59 aqui. Já *Opuntia* mostra-se distribuído de maneira aproximadamente equitativa nos dois hemisférios.

Como podemos verificar em nossas pesquisas, os vegetais suculentos adotam ambientes que variam desde desertos e rochas nuas batidas pelo sol até o interior das florestas pluviais. Nenhuma condição mesológica responde, portanto, pela sua organização, senão um fator que é comum a todos esses meios: a irregularidade do suprimento hídrico. De fato, no deserto ou na mata, a distribuição de água está sujeita a forte variabilidade — no deserto, porque quase não chove; na mata, porque tais plantas vivem sobre troncos e pedras, em que a água não perdura. Por isso, apesar da precipitação abundante, as epífitas e as rupícolas só podem absorver água quando chove, tendo, obviamente, que armazená-la. Ora, florestas pluviais passam por frequentes dias de sol e calor intensos, havendo três meses de seca durante o ano. Daí o fato de a suculência ser, paradoxalmente, um traço comum às regiões muito secas e muito úmidas.

As cactáceas são relativamente poucas nas matas densas e úmidas (110 espécies), mas os quilófitos (vegetais suculentos) de outras famílias mostraram-se numerosos, destacando-se as piperáceas, as orquidá-



*Rhipsalis coralloides*

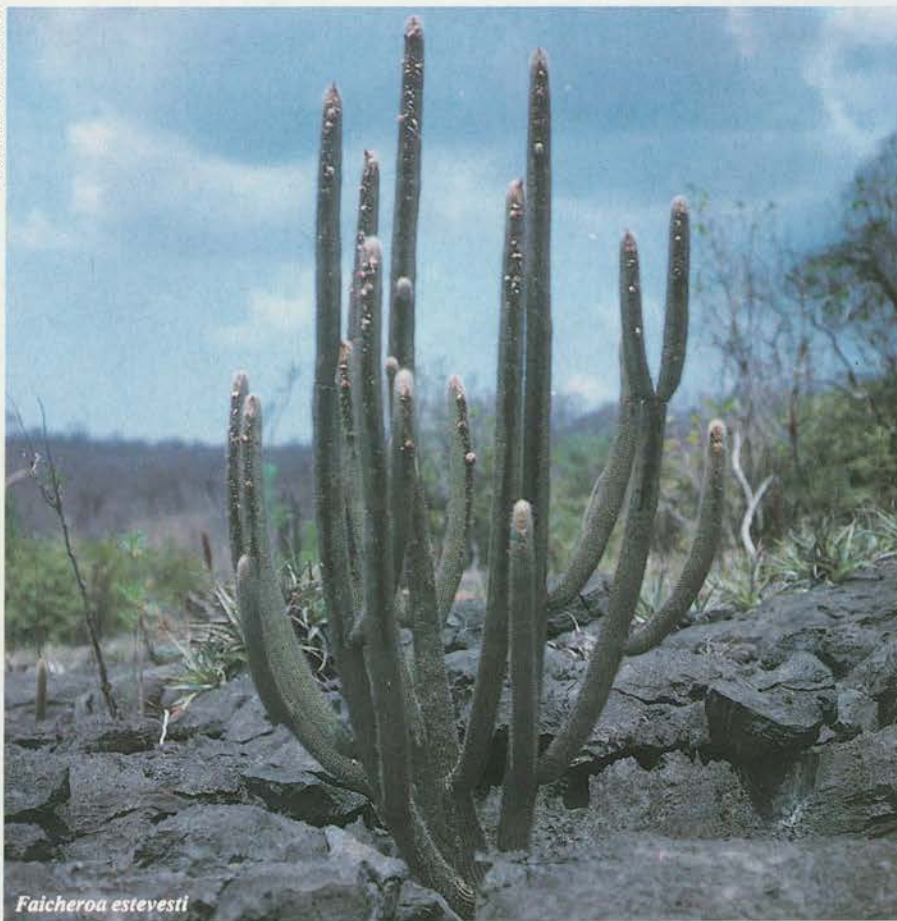
foto Edith Berchold

ceas, as gesneriáceas e as lorantáceas. As cactáceas florestais não deveriam, aliás, ser denominadas xerófilas, mas antes mesófilas, pois embora estejam sujeitas à carência de água disponível ou utilizável, o ambiente silvestre é essencialmente úmido.

Surpreendentemente, há umas quatro espécies no Velho Mundo, todas do gênero *Rhipsalis*. A mais comum, encontrada na África tropical e no Sri Lanka, é *R. cassutha*, justamente a espécie mais difundida nas Américas. É lógico supor que a planta foi lá introduzida inadvertidamente e tornou-se subespontânea. Quatro outras, em contraposição, somente são encontradas em Madagascar e, conseqüentemente, tidas como nativas dessa grande ilha de flora tão peculiar (a ponto de, por incrível que pareça, incluir plantas típicas do Novo Mundo); são elas: *Rhipsalis coralloides*, *R. suareziana*, *R. saxicola* e *R. madagascariensis*. Algo semelhante acontece com as bromélias, todas americanas, menos uma — *Pitcairnia feliciana* —, a única planta dessa família de 2.100 espécies que ocorre na África, no golfo da Guiné, numa só localidade, sendo realmente nativa dali (ver “Bromélias” e “Bromélias na trama da malária”, em *Ciência Hoje* n.º 14 e 21).

Com poucas exceções, as cactáceas vivem em ambientes secos e ensolarados. Apenas seis gêneros possuem folhas. Os espinhos estão sempre presentes, exceto nas espécies silvestres, em que são rudimentares. Mas o traço que distingue as cactáceas de todos os demais vegetais são as aréolas: pontos especiais onde se prendem espinhos e pêlos e dos quais emergem as flores. As aréolas representam as geratrizes de ramos que não chegaram a se desenvolver, permanecendo abreviados e muito modificados.

Uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas permite às cactáceas sobreviver em lugares pobres em nutrientes e em água,



*Faicheroa estevesti*

foto Eddie Esteves Pereira



sob intensa radiação solar e temperaturas elevadas. Diferenciando-as em alto grau das demais plantas, essas adaptações imprimem-lhes feições muito peculiares, que explicam o fascínio que exercem sobre botânicos, coletores, jardineiros e colecionadores. Graças a esses dispositivos estruturais e funcionais, os cactos são capazes de consumir e perder um mínimo da água que armazenam. Basta dizer que assimilam carbono com os estômatos fechados, durante o dia, e — ao contrário dos vegetais comuns — sem utilizar o gás carbônico do ar (ver “Uma notável adaptação”).

Com relação à suculência e à xerofilia, são estas as adaptações mais importantes:

a) expedientes que evitam a perda de água e reduzem a superfície evaporante, tais como formas globosas e elipsóides, além da afilia (ausência de folhas);

b) estruturas que obstam a transpiração, como: cutículas espessas, revestimento de cera, variadas coberturas de pêlos, estômatos pouco numerosos abaixo da superfície, espinescência muito densa que, debaixo dos espinhos, gera e sustenta um ambiente um tanto úmido e menos actínico junto à superfície da epiderme. A gema terminal é resguardada por pêlos longos e espinhos densos que, inclinados sobre ela, compõem um manto protetor;

c) dispositivos que favorecem a retenção hídrica, como a presença copiosa, nos tecidos, de mucilagem, substância viscosa capaz de absorver água do meio circundante (por exemplo, extraindo-a do ar) e formada de pentosanas (polissacarídeos comuns nas plantas, compostos de moléculas de pentose). O *Melocactus lenselinkianus*, muito freqüente em Itaobim (MG), por nós examinado, revelou 97,5% de água no tecido do caule que armazena e distribui substâncias nutritivas (parênquima caulinar), a 100°C; o suco espumava fortemente. O vulgar *M. oreas*, da mesma localidade, mostrou 94,6% de água após ser submetido à temperatura de 70°C durante 15 dias. Ademais, o elevado grau de diferenciação do referido parênquima armazenador de água é por si só um valioso recurso adaptativo;

d) meios que permitem pronta absorção de água, mesmo em quantidades reduzidas, como: sistemas radiculares extensos e superficiais; formação rápida de raízes absorventes nas épocas de chuva e absorção imediata da água atmosférica pelos espinhos.

A respeito do último tópico, pesquisas recentes com o nosso *Discocactus horstii* revelaram fatos importantes, adiante referidos. Vejamos, primeiro, alguns dados organográficos: as raízes se mostram tipicamente fasciculadas, sendo as adventícias maiores que a primária; esta serve somente de órgão fixador, não realizando a absorção da solução edáfica (proveniente do

## UMA NOTÁVEL ADAPTAÇÃO

Ao contrário do que ocorre nas demais plantas verdes, as pequenas aberturas existentes na epiderme (estômatos) das cactáceas fecham-se durante o dia, quando a evaporação cresce muito, e permanecem abertas à noite, quando é baixa a capacidade evaporante do ar e elevada a umidade relativa. É então que ocorre a maior parte da absorção do gás carbônico atmosférico (que se soma ao mesmo gás cedido internamente pela respiração) e da perda de água através da transpiração. Em consequência, ao longo da noite, formam-se ácidos orgânicos, principalmente ácido málico, pela carboxilação (introdução do radical carboxila) catalisada pela enzima fosfoenolpiruvato-carboxilase (figura 1). O fosfoenolpiruvato, conhecido como PEP

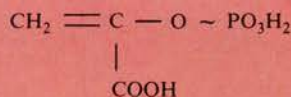


Fig. 1. Fosfoenolpiruvato. A ligação enolsulfato é rica em energia armazenada. O sinal ~ indica que as ligações químicas de fosfato encerram magna cópia de energia.

(suas iniciais em inglês), deriva dos carboidratos armazenados, que sofrem glicólise, isto é, decomposição química do amilo (ao contrário do que se poderia supor, não são os açúcares solúveis que fornecem o carbono necessário à síntese da PEP, salvo em poucas plantas, como o abacaxi). O ácido málico resultante é conservado durante a noite nos vacúolos celulares, que, no caso, ocupam até mais de 90% do volume das células.

Uma assimilação parcial do carbono processa-se, portanto, no escuro! Mas ainda não existe fotossíntese.

Ao clarear o dia, o ácido málico é retirado dos vacúolos e, em presença da luz, se transforma novamente em gás carbônico, isto é, sofre descarboxilação. Permite então a fotossíntese normal dentro do corpo do vegetal, uma vez que os estômatos já sofreram oclusão. Nas duas primeiras horas, contudo, há absorção de algum CO<sub>2</sub> externo. Mais tarde, a fotossíntese depende inteiramente do carbono fornecido pela descarboxilação do ácido málico. Neste caso, o CO<sub>2</sub> externo acha-se excluído quase por completo da fotossíntese. Afirmar-se que esse processo permite a fixação de uma quantidade muito maior de gás carbônico em 24 horas. Em suma, os ácidos orgânicos são sintetizados, na obscuridade, a partir do amilo e do CO<sub>2</sub>, pela atuação da enzima carboxilase. À luz do dia, passam por uma descarboxilação (desacidificação) e cedem CO<sub>2</sub>, que forma açúcares solúveis e, mais tarde, o polímero amilo, como reserva (figura 2).

Supõe-se que esta é uma adaptação fisiológica a ambientes secos, pois a conservação da água é, neste caso, um aspecto crítico. Sabe-se também que muitas espécies que apresentam esse tipo de desempenho orgânico subsistem por longos períodos com os estômatos fechados. Isto é possível porque elas sustentam certa proporção de metabolismo ativo pela reciclagem interna do gás carbônico através do metabolismo crassuláceo, que descreveremos adiante. Tal reciclagem resulta em fotossíntese produtiva, embora em nível baixo.

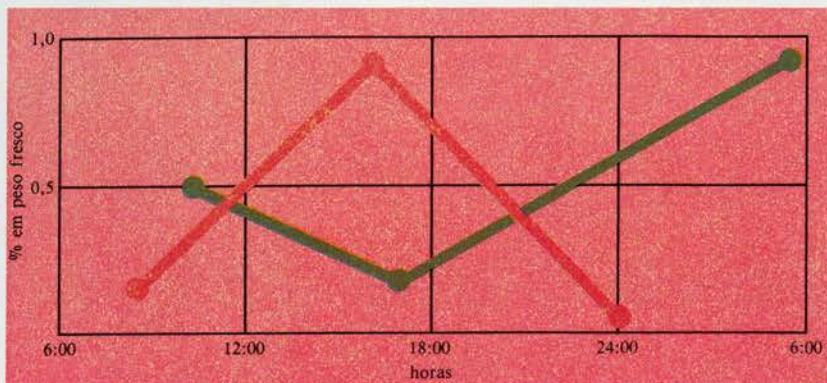


Fig. 2. Variações nos níveis de açúcares (linha vermelha) e de ácido málico (linha verde) em folhas isoladas de *Sedum*, um típico vegetal suculento.

Fonte: T. Bennett-Clark, New Phytol. 32:128, 1933.



solo). O caule, crasso e sem folhas, denominado cladódio, subdivide-se em artícu-  
los ou ramos.

Nas cactáceas, a epiderme mostra-se notavelmente espessa, muitas vezes até coriácea; as paredes de suas células apresentam várias camadas de celulose superpostas; a exterior, cutinizada, muito comumente está coberta de cera ou pêlos. Nos caules de grandes dimensões ou anosos, a epiderme pode compor uma delgada camada de suberina — substância formada de carbono, hidrogênio e oxigênio que impregna a pa-

rede de algumas células vegetais —, haven-  
do entre ela e os parênquimas internos uma hipoderme formada por uma fileira de cé-  
lulas ricas em oxalato de cálcio.

O súber, tecido impermeável formado por células revestidas de suberina, inter-  
rompe-se onde ocorre um estômato. Dá en-  
tão origem a um canalículo aerífero que  
põe o parênquima clorofilado subjacente  
em contato com o ar, facilitando as trocas  
gasosas. Além disso, espaços cheios de ar  
estão irregularmente disseminados pelo pa-  
rênquima verde. Abaixo, vem o vasto pa-

rênquima incolor, reservante, cujas células,  
ricas em mucilagem higroscópica (capaz de  
absorver água do meio circundante), for-  
mam a maior parte do corpo do cacto. O  
tecido condutor acha-se mergulhado nes-  
sa massa tenra, rica tanto em água como  
em ácidos orgânicos.

**N**a base dos cactos velhos e volu-  
mosos chega a formar-se madei-  
ra serrável. Assim, o nosso vul-  
gar mandacaru, quando anoso, pode for-  
necer tábuas. Fato curioso e corriqueiro:  
enquanto o parênquima apodrece com fa-  
cilidade, o lenho permanece. Não é raro  
encontrar-se cactos como *Cereus jamaca-  
ru*, *Brasiliopuntia brasiliensis* ou *B. suba-  
carpa* reduzidos a uma rede vascular, o “es-  
queleto”. Em Itinga (MG), a *B. subacar-  
pa* é chamada de facho-de-renda, pois o ar-  
cabouço lenhoso que sobra da putrefação  
das partes moles, após a queda da árvore,  
tem a forma de uma rede de pesca e quei-  
ma como rastilho de pólvora.

Nenhuma cactácea brasileira possui lá-  
tex. É surpreendente que uma centena de  
espécies mexicanas do gênero *Mammilaria*  
— e só elas — encerrem vasos laticíferos  
dos quais dimana, mediante pressão, o le-  
gítimo látex. Isto faz lembrar o que ocorre  
nas leguminosas: apenas meia dúzia de es-  
pécies de *Mimosa* é laticífera, numa famí-  
lia que abarca mais de 18 mil represen-  
tantes.

Nessa família, a subestrutura dos espi-  
nhos, examinada por microscopia eletrô-  
nica, revela particularidades notáveis. Em  
certos gêneros, considerados os mais evo-  
luídos, aparece uma modalidade muito par-  
ticular de estrutura superficial. As fileiras  
de células de revestimento se rompem, dan-  
do origem a longos filamentos seccionados  
regularmente. As próprias células podem  
sofrer tal fragmentação. Os tubos celula-  
res resultantes desse processo estão cheios  
de cristais de um polissacarídeo nos pon-  
tos de separação. Em determinadas espé-  
cies, as paredes celulares partem-se sob a  
forma de retículo de malhas irregulares.

O processo foi investigado também em  
*Discocactus horstii*, cacto globoso nativo  
do Brasil. Nele, as paredes da capa exter-  
na dos espinhos subdividem-se em sentido  
transversal, gerando rupturas mais ou me-  
nos paralelas — verdadeira profusão de di-  
minutas cavidades (figura 3). Com isso, o  
espinho todo torna-se poroso, capaz de ab-  
sorver água como uma esponja. O empre-  
go de água contendo um isótopo radioati-  
vo de fósforo demonstrou que os espinhos  
de *D. horstii* e de algumas outras espécies  
funcionam, de fato, como órgãos aptos  
à absorção de água (figura 4). A orga-  
nização parietal descrita, ao que se sabe até  
o momento, é exclusiva de *D. horstii*. A  
água marcada, posta sobre espinho, foi lo-



Fig. 3. Quatro espinhos de *Discocactus horstii* ampliados cerca de 75 vezes. As inúmeras perfura-  
ções revelam certo grau de orientação.

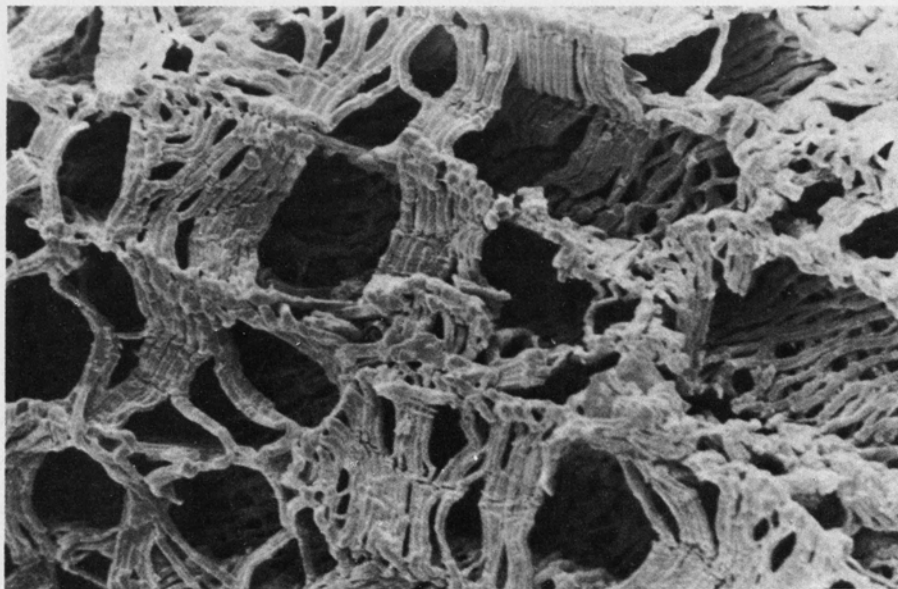


Fig. 4. Paredes celulares (rompidas) da superfície de um espinho de *Discocactus horstii*, aumenta-  
das 1.100 vezes. As paredes compõem traves paralelas, num arranjo que dá origem a uma trama  
porosa. Assim, o espinho fica apto a funcionar como órgão de absorção de água, fenômeno que  
foi demonstrado com o auxílio de fósforo radiativo.



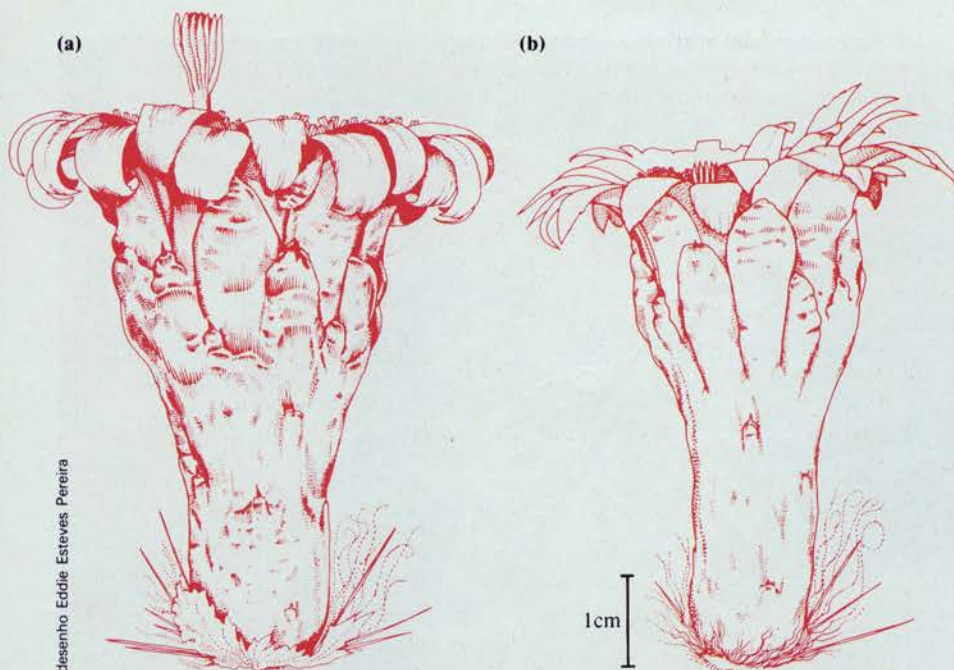


Fig. 5. Estrutura geral de dois tipos de flor que ocorrem nas cactáceas. A flor longistila (a) apresenta o estigma do lado de fora; na brevistila (b), o estigma permanece oculto dentro da flor. Nos dois casos, ocorrem pêlos e espinhos na base.

calizada pouco tempo depois na parte central do corpo do vegetal.

Não se supunha que os espinhos fossem parte do aparelho de renovação do suprimento hídrico dessas plantas, o que pode ser percebido também em outras espécies, como nas de cabeça-de-frade do litoral arenoso (*Melocactus melocactoides* e *M. margaritaceus*). Nelas, os espinhos estão recobertos de finíssima camada cinzenta que, sob lente, se mostra repleta de perfurações; raspada com lâmina, revela-se esponjosa. Uma gota d'água colocada sobre a superfície de um desses espinhos, se não for excessiva, desloca-se rapidamente para as extremidades e muda-lhes a cor para parda. Com igual rapidez, deixa-se absorver e desaparece. Logo em seguida a superfície seca e regressa à coloração original. Rainer Schill e colaboradores provaram, em 1973, que esses espinhos exercem a função de absorver água da atmosfera. Em *M. oreas*, ao contrário, nada indica a presença de semelhante mecanismo. Os espinhos não têm indumento cinza-esponjoso, ou têm muito pouco.

**A**s flores, nas cactáceas, eclodem quase sempre nas aréolas, grupos de espinhos (figura 5). Comumente, as aréolas floríferas possuem lanosidade mais ou menos visível e, em vários gêneros, são compactas a ponto de compor áreas ou zonas especiais — a área florífera, pseudocefálio ou cefálio, conforme a estrutura.

A expressão área florífera designa apenas um adensamento das aréolas formadoras de flores e sua maior quantidade de lâ-

Não há uma diferenciação mais avançada. O cefálio, porém, é um tipo de estrutura florífera *sui generis*; trata-se de um órgão filamentosso-cerdoso colorido que se origina da diferenciação terminal do eixo caulinar vascular, sobre o qual se processa a floração e a frutificação.

Os filamentos do cefálio compõem-se de uma lanosidade branca ou amarelada, brilhante, macia e abundante. No meio dela, há sempre maior ou menor quantidade de setas ou cerdas em geral vermelhas, mais duras ou até pungentes. O cefálio novo é mais lanoso e portanto mais branco. Quan-

do anoso, tende a ser mais setífero — cerdoso — e por isso mais rubro. Cortando-se longitudinalmente um cacto dos gêneros *Melocactus* ou *Coleocephalocereus*, vê-se logo o duro eixo caulinar (de um a três centímetros de diâmetro) que forma o eixo vegetativo. Em torno dele desenvolve-se o crassíssimo parênquima armazenador de água que constitui propriamente o cacto. Através da massa parenquimatosa, irradiam-se ramificações do eixo (o cilindro central), constituídas de tecidos vasculares, que se dirigem para as aréolas.

*Melocactus* apresenta cefálio terminal discóide amplo, enquanto *Coleocephalocereus* tem cefálio lateral mais estreito. Nos dois casos, os gomos do cladódio foram eliminados porque o cefálio se liga diretamente ao cilindro central. Um órgão semelhante ao cefálio, porém mais superficial, assentado sobre os gomos caulinares (vê-se isso em corte transversal), denominado pseudocefálio, ocorre por exemplo no gênero *Micranthocereus*, típico da caatinga baiana, e em *Pilosocereus chrysostele*, de Pernambuco e da Bahia.

Como mostra a figura 6, o perianto (conjunto dos verticilos protetores da flor) é mal diferenciado e passa gradativamente de sépalas (segmentos externos mais grossos, verdes ou cúpreos e escamosos) a pétalas (segmentos internos mais delicados). Tais peças estão dispostas em numerosas séries helicoidais (espiraladas). Na porção basal, soldam-se freqüentemente em longos tubos (hipanto) dotados de escaminhas e por vezes de espinulas. Os estames existem em profusão, com longos filetes. Em poucos casos (*Nopalea*, *Tacinga*) são exsertos e em certas espécies (como *Opuntia vulgaris*) são irritáveis: tocados, inclinam-se para o cen-

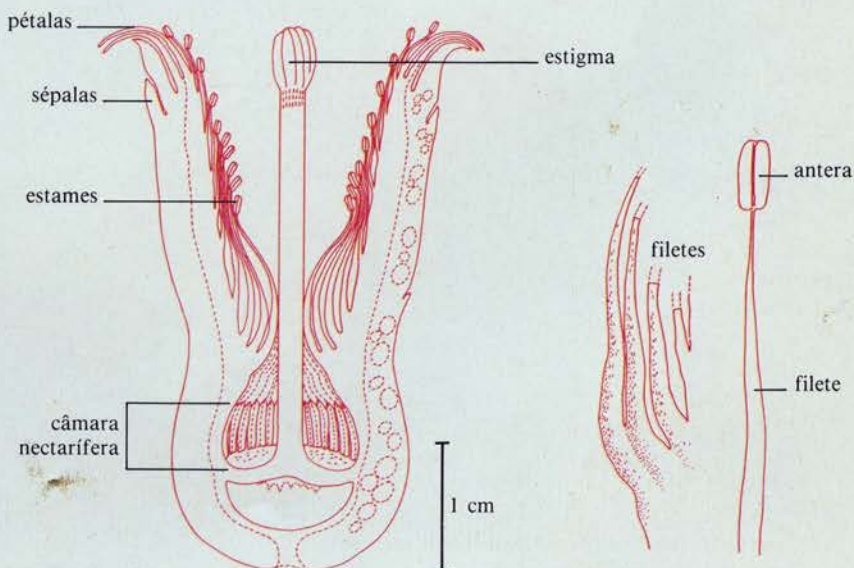


Fig. 6. Flor de *Pilosocereus* sp seccionada longitudinalmente, aparecendo em destaque estames com e sem antera.



tro da flor sobre o estigma, voltando depois à posição primitiva; anteras pequenas e biloculares. O pólen é tricolpado (com três sulcos), globoso, em geral com a superfície coberta por diminutas espinulas. O subgênero *Platyopuntia* apresenta uma peculiar exina (tegumento externo do grão de pólen) reticulada. O vulgar *Cereus obtusus* (*C. pernambucensis*), cujos grãos medem 65 a 80 micrometros, apresenta gotículas oleosas, chamadas *pollenkitt*, que cobrem a superfície dos grãos de pólen e se desprendem facilmente.

Na parte inferior da flor, ou seja, no tubo floral (o hipanto), entre o ovário e as primeiras inserções de filetes, há, na maioria das espécies da família, um espaço vazio mais ou menos longo: é a chamada câmara nectarífera, onde ficam glândulas produtoras de néctar. Estas são diminutas, de sorte que a secreção adocicada é parca, embora suficiente para nutrir grande quantidade de pequenos insetos. Serve de exemplo o *Cereus obtusus*: numa flor de 23 centímetros de comprimento, o ovário mede cerca de 25 milímetros de altura e a câmara nectarífera alcança 45 a 55 mm, sendo a porção glandulífera de 35 a 45 mm.



*Discocactus lindaiianus*

foto Eddie Esteves Pereira

foto Eddie Esteves Pereira



*Coleocephalocereus braunii*

Os frutos são bagas carnosas que frequentemente se abrem por ruptura do pericarpo. As sementes têm forma típica: reniformes (forma de rim) ou galeiformes (forma de elmo).

Os vegetais suculentos que prevalecem na flora brasileira são os cactos. A despeito do número relativamente modesto de espécies, sua participação na paisagem botânica é amplíssima, dado o vasto número de representantes em cada espécie. Seja nos campos austrais ou no litoral, nas matas ou no Nordeste, eles se fazem notar pela riqueza de indivíduos e de formas bizarras, que desde logo atraem a atenção do observador. Outras plantas suculentas ocorrem no Brasil, mas são poucas e não chamam a atenção. Os grandes grupos de quilófitos americanos, em comparação, não aparecem aqui ou têm apenas escassas espécies, como é o caso de *Euphorbia*, entre nós. As actáceas são as suculentas nativas, maciçamente. Sua importância não reside tão somente na magna preferência que encontram por parte dos colecionadores, sendo valiosos objetos de comércio. Também se acha, para os sistematistas e fisiólogos, na quantidade de materiais excelentes para a pesquisa científica. Destacam-se, por outro lado, como relevantes elementos fitogeográficos e como forragem para o gado faminto em épocas de seca intensa. E, ainda, constituem bons paradigmas para estudo de uma série de adaptações notáveis, acima descritas, que envolvem extensas especializações morfológicas, anatômicas e funcionais.



# CARACTERÍSTICAS DO METABOLISMO

As cactáceas incluem em seus tecidos algumas substâncias muito peculiares: mucilagens, ácidos orgânicos, cristais de sílica e alcalóides.

O vulgar amilo aparece sobretudo na medula, nos raios medulares e, em menor quantidade, no córtex. As mucilagens estão englobadas nas grandes células dos parênquimas, incolores e verdes, ou nos canais que ocorrem no parênquima clorofiliano (são chamados canais lisígenos porque sua formação se dá por lise, ou dissolução, das paredes intercelulares). Desempenham a importante função de reter água, dificultando sua perda na época seca. Ao cortar e manipular um cacto, sente-se logo as mãos untuosas por efeito da mucilagem presente. O oxalato de cálcio é copioso e, em certas espécies, chega a compor 85% das cinzas (seus cristais, uma vez formados, não tornam a se dissolver). A sílica é própria de tecidos velhos de entidades arborescentes. As gomas, como a de nopal, surgem em certas opúncias (gênero de cactáceas).

Os ácidos orgânicos, particularmente abundantes, constituem compostos característicos do metabolismo das cactáceas, como logo se verá, em estado livre no suco celular. Trata-se, sobretudo, do ácido málico (figura 7), além do ácido oxálico, depositado como sal insolúvel.

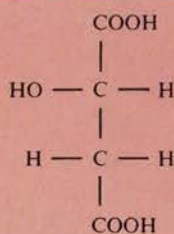


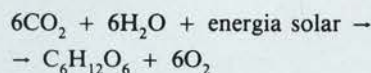
Fig. 7. Fórmula estrutural do ácido málico, essencial para o metabolismo chamado crassuláceo.

Os alcalóides existem em várias espécies. Sobressai a famosa mescalina, estupefaciente gerador de alucinações coloridas, presente em vários cactos mexicanos, entre os quais se destaca *Lo-phophora williamsii*, conhecido como *mescal* ou *peyotl*. Trata-se de uma planta sagrada para várias tribos do México, que a ingerem em rituais religiosos já descritos na literatura. Destacam-se, finalmente, as saponinas e outros glicosídeos.

Em todas as células vivas está presente a adenosina-trifosfato (ATP), substância que tem por função armazenar, conduzir e ceder energia para as reações químicas de importância vital. A ATP possui três moléculas de fosfato, ordenadas como mostra a figura 8.

Pois bem, a remoção do terceiro fosfato (mediante hidrólise) liberta no meio cerca de sete mil calorias por molécula de ATP, quantidade relativamente grande de energia química. A ruptura da ligação do segundo fosfato cede pouco mais que is-

e a converte em energia química. Essa energia é armazenada nos compostos formados pela própria clorofila, os quais vão servir ulteriormente à respiração. Sua reação geral é:



Escapa, portanto, oxigênio livre para a atmosfera. O que há de fundamental são as trocas energéticas que mantêm os seres vivos.

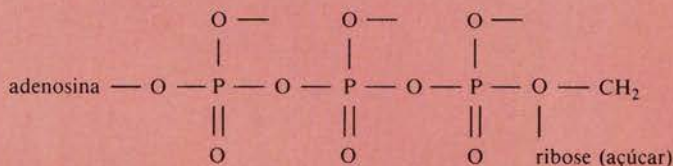
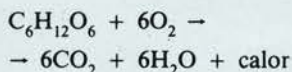


Fig. 8. Molécula de fosfato integrante da molécula de trifosfato de adenosina.

so. Tais cotas de energia são adequadas às atividades celulares. Vê-se que as células, a despeito de suas dimensões reduzidas, conduzem, em seu interior, os sistemas energéticos que regem os seus próprios processos biológicos. Posteriormente, as moléculas de ATP reabsorvem a energia cedida ou se recarregam.

A principal fonte de energia química para os seres vivos são os glicídeos (como a glicose, a sacarose e o amilo), seguidos pelas gorduras e as proteínas. A respiração é justamente o processo pelo qual a energia dos hidratos de carbono é transferida para a ATP — a molécula universal que transporta e fornece energia. Para a maioria das células, a fonte primária de energia é a glicose (figura 9), sendo a respiração, essencialmente, o processo pelo qual esta é oxidada, tornando-se sua energia disponível para utilização imediata.

A reação geral da respiração é:



Ou seja, da decomposição oxidativa da glicose resultam gás carbônico e água, eliminados pelos emunctórios, e energia, necessária para colocar o organismo em funcionamento.

O reverso da medalha é a fotossíntese, o processo pelo qual a clorofila das plantas absorve parte da radiação solar (luz)

Nas cactáceas e na maioria das plantas suculentas, o processo de assimilação do carbono é essencialmente diferente e peculiar, em decorrência das características adaptativas desses vegetais *sui generis*. Ele próprio é uma adaptação fisiológica ao habitat típico desses vegetais: quente, seco e actínico. É graças a seu processo de assimilação do carbono que tais plantas podem permanecer em meios que de outro modo lhes seriam fisiologicamente adversos, senão fatais.

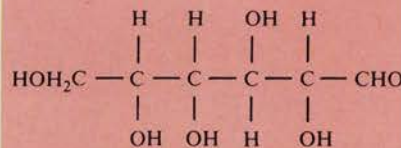


Fig. 9. Fórmula estrutural da glicose, o açúcar mais importante para o metabolismo dos seres vivos.

Esse mecanismo é conhecido na literatura como metabolismo ácido das crassuláceas, porque foi descoberto nessa família, ou simplesmente metabolismo crassuláceo. Está presente em cerca de 25 famílias, principalmente na África do Sul e na América tropical: euforbiáceas, cactáceas, orquídeas e crassuláceas são exemplos usuais (ver "Orquídeas: biologia floral", em *Ciência Hoje* n° 28).



# CACTÁCEAS NO BRASIL



foto Eddie Esteves Pereira

A participação das cactáceas na paisagem botânica do Brasil é amplíssima. As mais comuns são xerófilas — resistentes à falta de água — que habitam a caatinga, onde a estação chuvosa é irregular e a seca pode durar mais de um ano. Mas, além delas, também ocorrem espécies silvícolas, savanícolas, campestres e litorâneas, que se estendem dos campos austrais à floresta amazônica.



**A**té dezembro de 1985 haviam sido catalogadas no Brasil 235 espécies de cactáceas, pertencentes a 52 gêneros. Afastando 25 entidades duplamente descritas e dois gêneros destituídos de caracterização satisfatória, teremos perto de 50 gêneros contendo 210 espécies. Sua distribuição no território nacional pode ser feita, em síntese, a partir de uma classificação baseada nos tipos de habitat e nos hábitos desses vegetais.

A floresta amazônica, o cerrado, os campos centrais e — um pouco menos — a floresta atlântica são pobres e até paupérrimos em cactos. A grande maioria deles concentra-se no Nordeste e na região nordeste de Minas Gerais. A seguir, em menor escala, nos campos austrais e ao longo do litoral rochoso e arenoso.

Podemos distinguir no território brasileiro os seguintes grupos de espécies, segundo seu habitat:

I. Espécies silvícolas. Habitam as duas grandes florestas pluviais, a amazônica e a atlântica. Na primeira, só é peculiar e difundido o *Strophocactus wittii*, um epífito cujos ramos são foliáceos. Na floresta atlântica, há pouco mais de 50 entidades de reduzidas dimensões, epifíticas. Dominam amplamente os gêneros *Rhipsalis*, pelo número de representantes, *Zygocactus* e *Epiphyllum*, pela beleza das flores. *R. casutha* é o cacto mais espalhado nas árvores dos parques e ruas do Rio de Janeiro, com fios pendentes.

II. Espécies savanícolas. Entre as raras estirpes presentes nos cerrados, merecem destaque: *Monvillea piedadensis* (Barbosa, SP, até cinco metros de altura) e *M. adelmari* (Rio Cristalino, MT, com ramos prostrados sobre termiteiros). Em nossas savanas, ocorrem inúmeros afloramentos de calcário siluriano, os quais conduzem uma cactácea arborescente própria, bastante comum: *Cereus calcirupicola*, com três a sete metros de altura. *C. peruvianus* é ocasional no cerrado mato-grossense, medindo de três a 15 (ou até 18) metros de altura.

III. Espécies campestres. Nos campos do centro do país, os cactos costumam ser conspícuos; nos campos austrais, ao contrário, mostram-se via de regra bem reduzidos e inaparentes. As duas floras, quanto às cactáceas, não detêm parentesco ou relações de origem.

Nos campos da Bahia é muito freqüente o *Austrocephalocereus lehmannianus*, com um metro de altura. Fora do comum por seu aspecto em forma de garrafa é *Pilosocereus luetzelburgii*, que mede menos de um metro. Em Minas Gerais, são mais numerosos os cactos campestres, como *Cipoceus minensis* (*Pilosocereus minensis*), de um metro de altura, originário da serra do Cipó e outras serras. Em Goiás, sobressai o alto *Austrocephalocereus estevesii*, com

cinco a seis metros, que é indiviso como poste. Muito repartido nas areias campestres é o globoso-achatado *Discocactus tricornis*, com enormes flores perfumadas, que vegeta em Diamantina e Grão Mogol (MG). Mais espalhado ainda pelo cerrado, campo e caatinga é o menor e azulado *D. placentiformis*. *Uebelmannia* é um gênero de cactos globosos descoberto em 1967 na região de Diamantina; engloba cinco espécies, relacionadas com formas campestres meridionais.

As espécies campestres incluem quatro gêneros comuns somente no Rio Grande do Sul, membros da flora subandina dos países vizinhos: *Notocactus*, *Frailea*, *Wigginsia* (*Malacocarpus*) e *Parodia*, que encerram pelo menos, na mesma ordem, 30, 11, oito e seis entidades específicas. São cactos globosos e dotados de flores diurnas, campanuladas ou afuniladas, cujo tubo é ornado com pequenas escamas, as quais têm pêlos lanosos e setas nas axilas. É, portanto, um grupo *sui generis* e bem definido entre as cactáceas brasileiras.

Nos campos de Roraima, em plena Amazônia, ocorre uma isolada cabeça-de-frade, *Melocactus neryi*, pouco distinta da forma litorânea vulgar, *M. melocactoides*.

IV. Espécies litorâneas. A faixa que se estende ao longo do oceano — constante seja das areias quaternárias da restinga, seja das primeiras elevações da serra do Mar — possui número limitado de espécies. Os espécimes, contudo, constituem legião.

Entre as arenícolas, destacam-se as cabeças-de-frade *M. melocactoides* (Cabo Frio, RJ, a Porto Seguro, BA) e *M. margaritaceus* (Salvador a Feliz Deserto, AL), pequenos globos espinhosos. Das formas ramosas, *Cereus obtusus* (*C. pernambucensis*) é semiprostrado (abaixo de um metro) e *Pilosocereus arrabidaei* tem dois a quatro metros de altura; aquele com flores de 19 a 23 centímetros, este com flores de sete a nove centímetros. Destaca-se, aqui, o cacto por excelência nacional: *Cereus hildmannianus*, portador de amplas manchas amarelas sobre o fundo verde, muito cultivado no Rio de Janeiro (desconhecido em estado espontâneo).

Devo dar especial ênfase a um recente achado meu: uma espécie africana no âmago da restinga de Barra de Maricá (RJ). Trata-se da *Rhipsalis coralloides*, originária de Madagascar. Não há mais que quatro espécies africanas de cacto, todas daquela ilha e desse gênero. Caracteriza-se *R. coralloides*, desde logo, por ser terrestre, atingir porte notável (cerca de 1,70 metro de altura) e conduzir típicos pêlos seríceos, com dois a três milímetros de comprimento, nos râmulos apicais. Estes têm forma particular: curtos e grossos, dispostos em compactos verticilos.

Rupícolas mostram-se *C. obtusus* e *P.*

*arrabidaei*, também com porte menor. Especificamente, temos: *Coleocephalocereus fluminensis*, comuníssimo sobre as rochas à beira-mar, com até um metro, apresentando enorme cefálio áspero; *Pilosocereus brasiliensis*, muito mais raro, elegante, com um a dois metros (e até quatro), aparece no pico do Corcovado (na cidade do Rio de Janeiro) e no estado do Rio em geral; e *P. ulei*, muito freqüente em Búzios mas não no restante do município de Cabo Frio. Glauco, arborescente, com até sete metros de altura, é endêmico dessa área.

Espécies epidendras (que crescem sobre árvores) muito vulgares são: *Selenicereus rizzinii* (*Mediocactus coccineus*) e *Hylocereus undatus*, semelhantes pelo hábito e flores longas, mas distintos mediante os artículos alados e com bordos córneos, além dos frutos inermes da segunda.

V. Espécies xerófilas. Esta subdivisão compreende o grosso das cactáceas brasileiras. A região nela abarcada consta do Nordeste do Brasil e do nordeste de Minas Gerais; trata-se do domínio da caatinga — a formação vegetal xerófila brasileira, que atravessa genuínos períodos de carência hídrica e assenta em terrenos compactos, ramosos ou saxosos. A estação chuvosa é irregular; a seca pode durar mais de um ano.

a) Nordeste do Brasil. É o território mais rico em suculentas. Grande número é constituído de elementos arborescentes, uns verdes, outros cinzentos ou azuis, com leve camada de cera nessas cores. O mais notório é o mandacaru (*Cereus jamacaru*), com pequeno tronco e flor de uns 25 centímetros. O facheiro (*Pilosocereus piauhyensis*), que vegeta do Piauí a Pernambuco, destaca-se porque os espinhos, tocados com a chama de um fósforo, queimam rapidamente sobre a planta viva. O xiquexique é o *P. gounellei*, reconhecível pelo menor tamanho (um a dois metros), muito espalhado, com ramos arqueados e duros. Também pequeno é o *P. pentaedrophorus*, com dois a quatro metros e coloração azul-clara. Na Bahia, o *P. glaucescens*, maior (até seis metros), azul e com espinhos dourados, é dos mais comuns.

Há igualmente espécies arbustivas menos numerosas, como a vulgar *Arrojadoa penicillata*, cujos ramos medem um a dois centímetros de diâmetro por dois metros de comprimento. *Tacinga funalis*, por sua vez, é uma cactácea com ramos que lembram cordas esticadas. Como planta prostrada, sobressai *Opuntia inamoena*, cujas colônias não ultrapassam 30 a 50 centímetros de altura e estão extremamente disseminadas por toda a região xerófila.

*Micranthocereus polyanthus* é um pequeno cacto colunar que atinge 30 a 60 centímetros, dotado de epiderme azul e pêlos lúteos; é baiano. As espécies globosas são amplamente espalhadas na caatinga, com



o nome usual de cabeça-de-frade. Notam-se logo pêlos cefálios avermelhados, semelhantes a escovas na parte superior. Revelam-se particularmente difundidas: *Melocactus oreas*, com espinhos muito longos, sendo quatro centrais; *M. macrodiscus*, com espinhos curtos e recurvados, sendo um central; *M. zehntneri*, semelhante ao anterior, porém bem maior; e *M. salvadorensis*, com espinhos retilíneos e desde cedo rosados.

b) Nordeste de Minas Gerais. Várias espécies precedentes penetram no território mineiro, que é limítrofe com a Bahia, como *C. jamacaru*, *P. glaucescens*, *O. inamoena*, *A. penicillata*, *M. oreas* e *T. funalis*. Essa porção de Minas Gerais é também rica em endemismos, alguns notáveis. A exploração botânica e cactológica é recente, desenvolveu-se de 1965 a 1984, e muitas espécies foram descritas a partir de 1979.

Algumas espécies endêmicas dessa região merecem destaque. *Brasilicereus breviflorus*, de Itaobim e Itinga, altamente distribuído, em geral alcança dois a quatro metros de altura. Suas flores são levemente recurvadas e escamosas. *Pilosocereus cenepequei* provém de Pedra Azul, onde é raro. Mede 2,5 a três metros de altura, caracterizando-se pela longa e densa lã sobre a epiderme azul. *P. magnificus*, típico de Itaobim, é cerúleo com espinhos novos áureos e tem dois a quatro metros de altura. *P. quadricostatus*, de Itinga, e *P. multicostatus*, de Medina e Pedra Azul, são diagnosticados, conforme os epítetos indicam, pelos quatro ramos e 19 a 27 gomos, as arestas. O primeiro é muito lanífero; o segundo, além disto, tem espinhos amarelos.



*Pilosocereus cenepequei*

Outra espécie endêmica é o *Pseudoacanthocereus boreominarum*, que habita à sombra debaixo da caatinga, em Itaobim e Itinga, mais ou menos prostrado sobre o solo, que reveste por inteiro. Essa espécie emite flores com 20 a 23 centímetros. *Pereskia aureiflora* não é menos peculiar como endêmica, pois é a única nativa que produz flores amarelas, e uma das poucas do mundo. Ocorre escassamente em Itinga.

*Celocephalocereus aureus*, com dez a 25 centímetros de altura, espinhos amarelos,

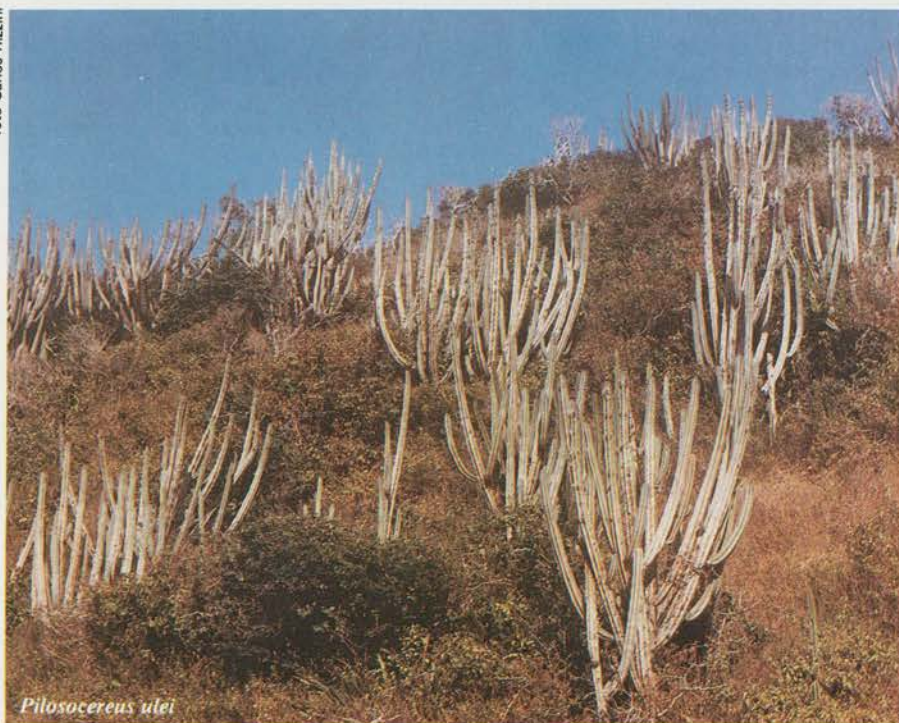
cefálio branco e flores citrinas, e *C. purpureus*, com 30 a 60 centímetros, espinhos e cefálio vermelhos e flores violáceas, constituem um belo par de endêmicas vicariantes (espécies próximas e que ocorrem em áreas contíguas, porém ecologicamente divergentes, como cerrado e mata). A distância que as separa é de 30 a 40 quilômetros apenas, mas nunca se encontram. A primeira é bastante disseminada nos afloramentos cristalinos de Itaobim e pouco nos de Pedra Azul; a segunda se restringe a certos rochedos de Itinga.

Finalmente, a cabeça-de-frade mais encontrada no nordeste de Minas Gerais é *Melocactus lensselinkianus*, o qual se define por três espinhos centrais e pelo espinho radial ínfimo mais longo que os demais. Fora daí, só aparece em Presidente Jânio Quadros (BA), onde é escasso. O ubíquo *M. oreas*, por seu turno, está constantemente em sua companhia.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BACKBERG C., *Das Kakteenlexikon*. Stuttgart, G. Fischer, 1966.
- BRAVO H. *Las cactaceas de México*. México, DF, Universidad Nacional Autónoma de México, 1937.
- DAVIS D.D. et al., *Bioquímica vegetal*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Dois, 1976.
- RAVEN P. A. et al., *Biología vegetal*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Dois, 1976.
- RIZZINI C. T., *Tratado de fitogeografia do Brasil*, vol. I. São Paulo, Editora de Humanismo, Ciência e Tecnologia, 1976.
- SCHILL R. N. et alii, "Cactus spines under the electron scanning microscope", *Cactus & Succulent Journal*, vol. XLV, n° 4, 1973.



*Pilosocereus ulei*



## ABRÓTEA: O NOSSO BACALHAU

O consumo de pescado salgado e seco é um hábito alimentar do povo brasileiro, seja na forma de produtos importados, de alto preço, seja na de produtos nacionais, de qualidade desigual. A importação do pescado tipo bacalhau representa para o Brasil o gasto anual de milhões de dólares, quando, com uma das maiores costas marinhas do mundo, temos enorme potencial de peixes capazes de substituir esse produto. Entre eles, destacam-se os cações, de que temos potenciais pesqueiros comprovados de dezenas de milhares de toneladas, distribuídos do Oiapoque ao Chuí. Como alternativa, em época de safra, temos a abrótea, no litoral sul.

Dá-se o nome geral de cação a cerca de 300 espécies marinhas da classe dos condríctios, família dos esqualídeos, cujos tamanhos podem variar de 15 cm a 15 m. Extremamente abundantes, esses peixes são pouco consumidos pelo homem, sobretudo

Norte. No sul do Brasil encontra-se a espécie *Urophycis brasiliensis*, popularmente chamada abrótea, ou brótea. Sua carne é geralmente clara e de sabor mais suave que a do bacalhau. Além disto, contém pouca gordura, o que evita que o produto fique rançoso quando processado.

O processo industrial de produção de um pescado similar ao bacalhau importado preserva todas as propriedades que a carne apresenta *in natura*: só a água é retirada. A primeira etapa do processo de conservação, a salga, baseia-se na propriedade que tem o sal comum (NaCl) de retardar ou inibir a atividade bacteriana, ao reduzir a umidade presente na carne. Ela desencadeia reações físicas, químicas e microbiológicas que, envolvendo as proteínas da carne, a tornam apta para a conservação e conferem-lhe aroma, textura, sabor e cor específicos.

de pescado em conserva segundo os padrões de qualidade fixados pela legislação sanitária, desenvolvemos um processo de secagem independente das condições ambientais. Optamos pela secagem por desidratação a frio — processo utilizado na Europa —, que permite selecionar níveis térmicos e higrométricos segundo as características do produto a ser beneficiado e as exigências do mercado consumidor. Para a secagem de cada produto há um nível ótimo, determinado com base em aspectos tecnobiológicos, sanitários e econômicos.

Tendo escolhido o processo a frio, podemos desenvolver um secador com várias características próprias. Operando simultaneamente com variações de temperatura e de umidade relativa, o equipamento, em que o ar circula em circuito fechado, fornece as condições ideais para a secagem. À temperatura de 27° C, utilizada na pesquisa, não constatamos alterações no aspecto sensorial das fibras musculares, degradação de proteínas ou de coloração. A umidade de 35%, exigida pela legislação brasileira, é atingida em apenas 18 horas. Como o funcionamento da secadora independe das condições exteriores, a indústria pode programar essa atividade para qualquer horário.

O controle de qualidade do produto inclui todas as etapas do processamento. Realizamos, em supermercados, um teste de preferência alimentar junto a cerca de 500 pessoas, envolvendo análise organoléptica de relação sabor, aroma e apresentação do produto. Os resultados mostraram a aceitação de 93% dos consumidores.

O desenvolvimento tecnológico a partir destes resultados permitirá a introdução de uma linha alternativa de produção que as indústrias pesqueiras poderão incorporar mediante adaptações simples, numa diversificação que por certo melhorará seu desempenho. Em locais com matéria-prima abundante, esse processamento viabilizará a implantação de indústrias com perspectivas de rápido aumento de produção. A tecnologia desenvolvida está à disposição dos interessados, para ser imediatamente incorporada ao sistema produtivo.

**Egon Nort, Luiz Henrique Beirão,  
Sônia Christina Boeing e  
Mario I. Elias Nicolau**

Depto. de Ciências e Tecnologia de Alimentos,  
Universidade Federal de Santa Catarina



foto Sônia Boeing

**Abrótea**

do porque seu músculo contém alto teor de uréia, o que provoca a formação de grandes quantidades de amônia durante a estocagem. Segundo estudiosos, porém, este problema pode ser minimizado mediante práticas sanitárias adequadas, evisceração e sangria a bordo e remoção da uréia por lavagem em solução acidificada (ácidos cítrico, acético, ascórbico e láctico).

A abrótea pertence à ordem dos gadiformes, família dos morídeos. Seus limites não estão muito bem definidos e muitos a classificam como simples subfamília dos gadídeos. Esplendidamente representada no hemisfério Norte, a abrótea também aparece no sul do nosso Brasil, embora na forma de poucas espécies. A abrótea mais conhecida, por sua pesca abundante e pela importância econômica de sua industrialização — salgado, prensado e seco — é o bacalhau *Gadus morhua*, do hemisfério

Antes da adição do sal, aplica-se ácido acético à carne em solução aquosa de 1% a fim de minimizar os efeitos indesejáveis da uréia. A salga propriamente dita obedece a um método tradicional: o empilhamento da matéria-prima intercalada com cloreto de sódio na proporção de 30% em relação ao peso do peixe. O processo se estende até se chegar ao equilíbrio de sal no exterior e no interior dos tecidos, o que demanda em geral de cinco a sete dias.

A etapa seguinte é a desidratação. Tradicionalmente, empregam-se métodos naturais, como a secagem ao sol, cuja produtividade é afetada por variações de temperatura, umidade e velocidade do vento no local onde se efetua. A presença de insetos e a necessidade de mão-de-obra numerosa são outros inconvenientes. Na busca de um meio que tornasse economicamente viável produzir grandes quantidades



— Ah! este é o tal doutor de Coimbra?  
— O cujo! afirmava Bento.  
— Mas Brito, 'vem cá! disse o outro, com grande mistério, como quem faz uma revelação importante. — Ouvi dizer que é mulato!...  
E a voz do Brito tinha o assombro de uma denúncia de crime.  
— Que queres, meu Bento? São assim estes pomadas cá da terra dos papagaios!  
E ainda se zangam quando queremos limpar-lhes a raça, sem cobrar nada por isso!  
— Branquinho nacional! É gentinha com quem eu embirro, ó Bento, como com o vento, disse Brito com uma troca e baldroca de VV e BB, que denunciava a sua genealogia galega.”  
Aluísio Azevedo, O mulato

# EM BUSCA DAS RAÍZES

**Francisco M. Salzano**

Departamento de Genética do Instituto de Biociências,  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**P**rovavelmente nenhum conceito biológico foi tão explorado para fins de dominação econômica e social como o de raça. Por isso, tanto seus fundamentos como sua utilidade têm sido objeto de constantes discussões. Muitos pesquisadores, com base no fato de que a variabilidade biológica apresenta no homem toda sorte de gradações, propõem o abandono do termo raça. Outros sugerem que seja substituído pela expressão “grupo étnico” (o que seria desaconselhável porque esta é geralmente utilizada para designar uma unidade social). Como salientou o antropólogo norte-americano Stanley M. Garn, desde que houvesse acordo internacional, poder-se-ia usar qualquer nome. Não obstante, apesar de sua má utilização no caso do homem, o conceito é de grande utilidade na análise dos processos evolutivos.

Que seriam as raças? O famoso geneticista russo, naturalizado norte-americano, Theodosius Dobzhansky definiu-as como “populações de uma mesma espécie que habitam territórios diferentes e que diferem, em seus conjuntos gênicos, na incidência de alguns genes ou outras variantes

genéticas”. O ponto-chave a salientar aqui é a ocorrência em territórios diferentes. Em espécies com reprodução sexuada e fecundação cruzada, as diferenças raciais só se podem formar a partir de um isolamento geográfico. Este é o primeiro passo no caminho da diversificação. As raças que se formam dessa maneira podem ou não desenvolver mecanismos de isolamento reprodutivo. Quando isto ocorre, estamos diante de espécies incipientes.

Também no homem o processo de raciação ocorreu a partir do isolamento geográfico. Mas aqui surge um problema que não se verifica no caso dos demais organismos: indivíduos racialmente distintos podem habitar um mesmo território, permanecendo contudo isolados em decorrência de processos culturais. Uma definição de raça satisfatória para a espécie humana poderia ser, portanto: conjunto de indivíduos mais ou menos isolados geograficamente e culturalmente, que diferem geneticamente de outros grupos similares. Convém enfatizar que estamos neste caso diante de uma população mendeliana (com reprodução sexuada e fecundação cruzada), predominantemente endogâmica (os casamentos ocor-

rem mais freqüentemente entre indivíduos da população do que com elementos de fora), com traços genéticos próprios.

Não há “raças puras” em organismos com reprodução sexuada. A idéia de que seria possível obter populações cada vez mais homogêneas, por meio do isolamento e da limitação do cruzamento a indivíduos da mesma raça, baseia-se em noções errôneas sobre a herança biológica através do “sangue”. Os estudos de Gregor Mendel (1822-1884) já indicavam que os fatores hereditários, quando combinados no híbrido, não se misturam nem se contaminam. São portanto elementos discretos, que se transmitem à prole sem modificações (a menos que ocorra o fenômeno muito raro da mutação).

Outro conceito sem fundamento é o de “tipo racial”. Segundo antropólogos do passado, haveria, para cada raça, um tipo ideal, que apresentaria todas as características da mesma. Como já observamos, o conceito moderno de raça é populacional: membros de uma população podem apresentar graus variados do que se considera típico, o que é inevitável dada a própria natureza do processo de reprodução.





Foto Maureen Bisilliat



Uma das finalidades do estudo genético das populações é compreender o que ocorre com as características originalmente presentes nos grupos formadores quando estes estão sujeitos, na população híbrida, a condições ambientais, sócio-econômicas e culturais muitas vezes bastante diversas daquelas que cercavam os estoques originais. Exemplo desse tipo de processo encontra-se exatamente na história do nosso país (ver "A trajetória das raças no Brasil"). Diferentemente dos estudos de grupos familiares específicos, as pesquisas em genética de populações estão voltadas para a maneira como os genes (as unidades hereditárias) se comportam nesse nível. Procura-se verificar se estão sendo mantidos, eliminados ou fixados e, em cada caso, a razão para que isso ocorra. Pela facilidade de sua obtenção, o sangue tem sido o tecido preferido para esses estudos, e já foram identificadas várias centenas de substâncias hereditariamente transmissíveis que nele se expressam (ver "Anemias migrantes: origem das anemias hereditárias no Brasil", em *Ciência Hoje* n° 14). Proporção considerável dessas substâncias apresenta variações que podem ser utilizadas em análises relativas ao fluxo gênico inter-racial.

A investigação dos produtos formados por esses genes (ou do próprio material genético) é realizada por meio de diversas técnicas: reações imunológicas (como no caso dos grupos sanguíneos), observação do seu comportamento quando submetidos a uma corrente elétrica (eletroforese) ou técnicas físico-químicas mais sofisticadas.

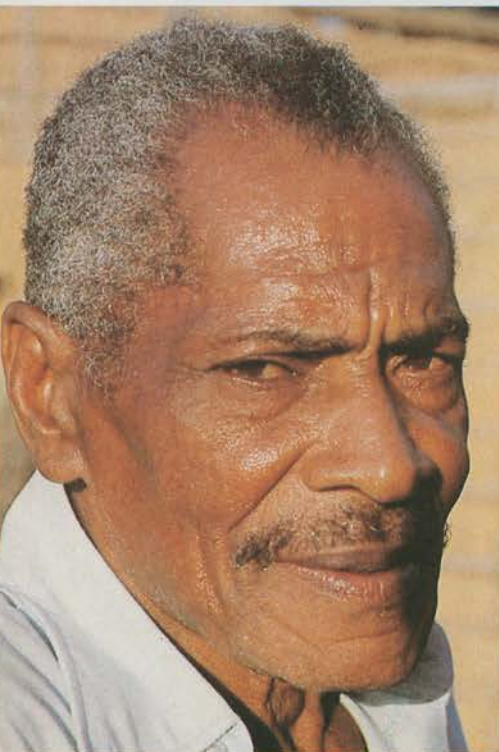


foto Ana Regina Nogueira

## A TRAJETÓRIA DAS RAÇAS NO BRASIL



Os primeiros habitantes do que viria a ser o território brasileiro nele penetraram, em pequenos grupos, cerca de dez mil anos atrás. Viviam da caça e da coleta e é provável que, em sua maioria, tenham migrado do território da atual República Popular da Mongólia, na Ásia central. Ainda se discute o ingresso, também, de populações provenientes de outras regiões, como certas ilhas do oceano Pacífico. Foram esses os ancestrais do nosso indígena.

A imigração portuguesa iniciou-se logo após o descobrimento; 50 anos depois, começava a africana. Estima-se que, entre 1551 e 1857 — ano em que foi extinto o tráfico de escravos —, aqui chegaram cerca de 3.500.000 africanos. Sua região de origem, que varia segundo a época da chegada, só é conhecida em seus aspectos mais gerais, como o mostra o mapa. Com relação à imigração européia, dispomos de melhores documentos. Até a abertura dos portos, em 1808, só portugueses para cá vieram em larga escala. A partir desse ano passaram a ingressar no Brasil pessoas de outras origens, mas sobretudo da Península Ibérica. Estatísticas da Divisão de Migração do atual Ministério do Trabalho revelam que, entre os imigrantes aqui chegados entre 1819 e 1970, 32% eram oriundos de Portugal, 29% da Itália e 13% da Espanha. Os 16% restantes eram das mais diversas nacionalidades. A entrada de contingentes relativamente numerosos de chineses e japoneses só

ocorreu no século XX, sendo que os últimos constituíram 96% dos asiáticos que para cá imigraram recentemente. Os dados das tabelas 1 e 2 refletem esses movimentos.

Que participação tiveram imigrantes de tantas origens na composição étnica de nossa gente? Como se reproduziram em nosso território? A tremenda variação sofrida pela população brasileira ao longo do tempo é mostrada na tabela 3, que toma por marcos o ano de chegada dos portugueses (1500), o da realização do segundo censo demográfico nacional (1890) e o do último censo demográfico (1980). Ao longo desses 480 anos, a população indígena foi brutalmente reduzida, enquanto elementos não representados em 1500 assumiram papel importante na expansão populacional, que se dá a taxas diferentes nos vários grupos étnicos. De 1890 a 1980, enquanto o número de brancos decuplicou, o de negros cresceu apenas 3,5 vezes. Por outro lado, o grupo de pessoas com sinais evidentes de miscigenação aumentou consideravelmente (cerca de 7,5 vezes). É óbvio que os recenseadores fazem uma classificação subjetiva e que os critérios podem ter sofrido alterações com o passar dos anos. Mas as diferenças são



# 1 MIGRAÇÕES PARA O ATUAL TERRITÓRIO BRASILEIRO

## Ancestrais dos indígenas

|                  |                                                                                                                                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Período          | 8500 a.C. - 1500 d.C.                                                                                                                                    |
| Nº de indivíduos | ?                                                                                                                                                        |
| Origem           | Mongólia, passando pelo estreito de Bering.<br>Migrações através do oceano Pacífico e da América do Sul, no entanto, não devem ser totalmente afastadas. |

## Africanos

|                  |                                                                                                                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Período          | 1551-1701                                                                                                                                                                |
| Nº de indivíduos | 580.000                                                                                                                                                                  |
| Origem           | Século XVI: principalmente da área entre a ilha São Tomé e Angola.<br>Século XVII: principalmente de Angola, pelos portos de Luanda e Benguela. Outros da Costa da Mina. |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Período          | 1701-1810                                                                                                                                                                                                                                         |
| Nº de indivíduos | 1.891.000                                                                                                                                                                                                                                         |
| Origem           | Aproximadamente 2/3 vieram de Angola, pelos portos de Luanda e Benguela, de uma região situada entre os cabos Lopez e Negro. Os restantes vieram da Costa da Mina e da região limitada pelos cabos Monte e Lopez, com Ajudá como porto principal. |

|                  |                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Período          | 1810-1857                                                                |
| Nº de indivíduos | 1.145.000                                                                |
| Origem           | Principalmente de Angola, em grande parte saindo pelo porto de Benguela. |

Fontes: Goulart (1975); Bergmann (1977); Salzano (1985).

# 2 MIGRAÇÕES PARA O BRASIL

## Europeus

|                  |           |
|------------------|-----------|
| Período          | 1500-1640 |
| Nº de indivíduos | 65.000    |
| Origem           | Portugal  |

|                  |           |
|------------------|-----------|
| Período          | 1640-1808 |
| Nº de indivíduos | 400.000   |
| Origem           | Portugal  |

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| Período          | 1808-1970       |
| Nº de indivíduos | 5.100.000       |
| Origem           | Europa em geral |

## Asiáticos recentes

|                  |           |
|------------------|-----------|
| Período          | 1900-1970 |
| Nº de indivíduos | 248.000   |
| Origem           | Japão     |

|                  |           |
|------------------|-----------|
| Período          | 1900-1970 |
| Nº de indivíduos | 10.500    |
| Origem           | China     |

Fontes: Bergmann (1977); Nadalin (1980).

tão marcantes que devem ser verdadeiras em linhas gerais.

Porque uma evolução tão desproporcional? No caso dos indígenas, o efeito devastador de seu contato com os pretensos civilizadores tem sido amplamente documentado e discutido, inclusive nas páginas desta revista (ver, por exemplo, "Os índios pagam primeiro e mais caro", "Quanto seriam os índios das Américas?" e "Terra de índio", em *Ciência Ho-*

# 3 VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ÉTNICA BRASILEIRA EM 480 ANOS

| Grupo étnico ou geográfico | 1500      | 1890      | 1980       |
|----------------------------|-----------|-----------|------------|
| Indígenas                  | 2.000.000 | 440.000   | 200.000    |
| Branços                    | —         | 6.302.000 | 65.000.000 |
| Mistos                     | —         | 6.000.000 | 46.000.000 |
| Negros                     | —         | 2.000.000 | 7.000.000  |
| Asiáticos recentes         | —         | —         | 755.000    |

Fontes: Censos demográficos; Salzano (1985).

je nos 3, 6 e 14). Em razão mesmo do isolamento em que se haviam mantido, formaram-se entre eles condições epidemiológicas que, muitas vezes, tornaram letais doenças de pouca gravidade entre não-indígenas. Quando a isso são somadas a violência que dominou a relação entre não-índios e índios e a desagregação progressiva dos padrões de vida destes, de sua comunidade e meio ambiente, temos explicada a depopulação ocorrida.

Os africanos aqui chegaram na condição de escravos, e a estigmatização de que foram objeto ainda pesa sobre seus descendentes. Seu destino foi semelhante ao dos indígenas na exploração brutal a que foram submetidos pelos brancos; muito diverso, contudo, na medida em que os negros conseguiram, em meio a todas as adversidades, crescer em número, se não na mesma medida que os brancos, a taxas apreciáveis. Além disto, os africanos e seus descendentes participaram mais decisivamente que os indígenas na formação da grande massa de mestiços que é

hoje parcela ponderável da população brasileira.

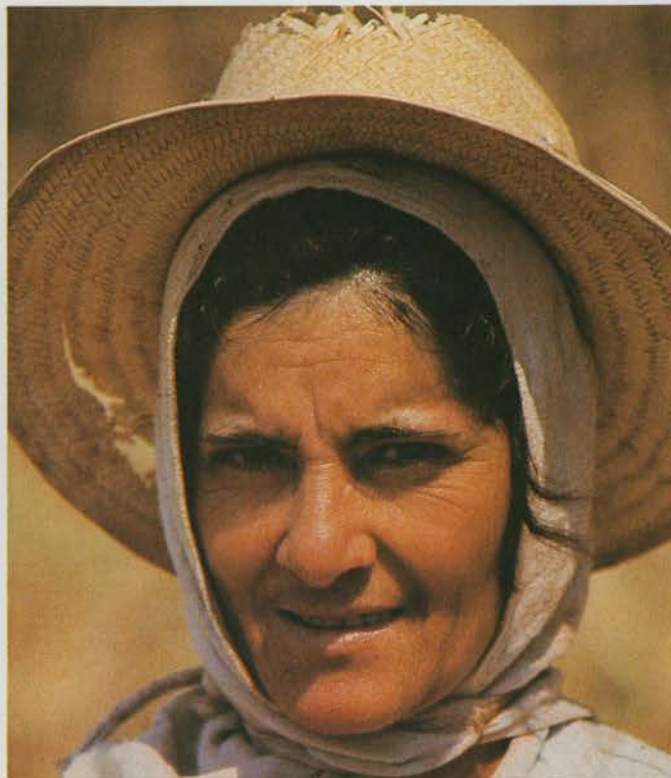
O crescimento populacional e a miscigenação dos descendentes de africanos ocorreu a despeito da discriminação que sofreram e sofrem aqui. Por mais que se tente, não há como negar a presença do preconceito racial no país. Prova maior é a existência de uma norma para coibi-lo, a Lei 1.390 de 3 de julho de 1951, conhecida como "lei Afonso Arinos". Sugestivos flagrantes de comportamentos discriminadores foram colhidos, na década de 1960, por Narciso Kalili e Odacir de Mattos, repórteres de uma revista de circulação nacional. Um branco e o outro negro, acompanhados de um fotógrafo, registraram durante 20 dias o tratamento desigual que receberam em seis capitais de estado. O que de trágico e de cômico lhes aconteceu em suas andanças foi relatado numa reportagem que apresentou ainda uma série de documentos, alguns de natureza histórica, sobre o racismo no Brasil (*Realidade*, outubro de 1967).

Mas os efeitos da discriminação racial refletem-se também claramente nas esta-

tísticas oficiais. A proporção de analfabetos entre negros e mistos (42% e 31,5%, respectivamente) é mais do dobro da encontrada entre brancos (15,5%), e, no conjunto dos negros e mistos, a taxa dos que têm mais de 11 anos de escolaridade é cerca de quatro vezes menor que entre os brancos. Estes últimos exercem ainda a maior parte das ocupações não manuais, consideradas mais "nobres" (57%), e auferem 72% do rendimento nelas gerado (*Dados da realidade brasileira. Indicadores sociais*, IBASE/Vozes, 1982).

A exploração do negro brasileiro não se fez sem resistência. Prova disso foram os numerosos quilombos — comunidades independentes formadas por escravos que conseguiam escapar ao cativeiro. Por vezes a doação de terras a escravos alforriados propiciou a formação de comunidades de origem predominantemente africana em certas regiões do país. Em algumas delas, como Cafundó (SP) e Patrocínio (MG), conservaram-se importantes aspectos da cultura negra.





Nas pesquisas sobre a dinâmica gênica em situações de mistura racial, utilizam-se marcadores genéticos mais comuns em umas raças do que em outras. Alguns exemplos podem ser citados: no sistema de grupos sanguíneos Rh há uma combinação particular de substâncias (denominada  $R^0$ ) que é muito comum em populações africanas (74%) e muito pouco freqüente em caucasóides (2%); o fator  $a$  do grupo sanguíneo Diego só ocorre em asiáticos, ameríndios e esquimós; o gene  $Hp^1$  (de haptoglobina, uma proteína sérica) apresenta uma freqüência média de 56% em negróides e de apenas 38% em brancos. O sistema de proteínas séricas Gm (abreviação de

gamaglobulina) é especialmente favorável a essas pesquisas por ser extremamente polimórfico. Ele apresenta variantes que ocorrem em determinada raça com freqüências consideráveis e estão ausentes nas outras.

Toda a informação obtida é posteriormente submetida a tratamento estatístico. Quando se considera apenas um marcador, o cálculo da mistura baseia-se num modelo simples de diluição ( $M = F_M - F_B / F_A - F_B$ ), em que  $F_A$  e  $F_B$  são as freqüências nas populações que se presume serem as parentais e  $F_M$  aquela presente na população miscigenada. Quando mais de duas raças estão envolvidas, o cálculo se complica, e é preciso recorrer a computadores.

A análise das características hematológicas permite não só identificar genes típicos de outras raças em pessoas de grupos aparentemente não miscigenados, como quantificar o grau de mistura presente em determinado grupo ao cabo de séculos de convivência entre membros de duas ou mais raças. No Brasil, estudos com esse fim foram iniciados por nosso grupo de pesquisadores há 28 anos. Alguns dos resultados obtidos por nós e por outros colegas aparecem nas tabelas 4 e 5. As cifras aí apresentadas são tanto mais confiáveis quanto maior foi o número de sistemas genéticos — conjuntos classificatórios de variantes de um mesmo gene ou de grupos de genes intimamente ligados entre si — em que se basearam. Cabe ressaltar, no entanto, que o sistema Gm, excelente marcador racial, leva em geral a números fidedignos, mesmo quando empregado isoladamente.

A tabela 4 mostra que, em Porto Alegre, pessoas classificadas como brancas por suas características aparentes têm, em média, 8% de genes de origem africana, e as estimativas mínima e máxima do grau de mistura acumulado foram, respectivamente, 4 e 11%. Valores próximos — entre 3 e 19% — foram calculados para os brancos de Curitiba. Quanto aos identificados como negros ou mulatos, estudos feitos no Rio de Janeiro, em São Paulo, Curitiba e Porto Alegre sugerem que a metade de sua constituição genética seria de origem caucasóide.

A análise das populações do Norte e do

#### 4 MISTURA RACIAL ACUMULADA EM AMOSTRAS DA POPULAÇÃO BRASILEIRA (FLUXO GÊNICO DIÍBRIDO)

| População          | Estimativas do grau de mistura acumulada(%)* |        |        | Nº de sistemas genéticos utilizados |
|--------------------|----------------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|
|                    | Média ou moda                                | Mínima | Máxima |                                     |
| Brancos            |                                              |        |        |                                     |
| • Curitiba         | —                                            | 3      | 19     | 1                                   |
| • Porto Alegre (1) | 8                                            | —      | —      | 1                                   |
| • Porto Alegre (2) | 8                                            | 4      | 11     | 5                                   |
| Negros + mulatos   |                                              |        |        |                                     |
| • Rio de Janeiro   | 55                                           | —      | —      | 2                                   |
| • São Paulo        | 55                                           | —      | —      | 3                                   |
| • Curitiba         | 51                                           | —      | —      | 3                                   |
| • Porto Alegre (1) | 47                                           | —      | —      | 6                                   |
| • Porto Alegre (2) | 53                                           | —      | —      | 1**                                 |
| • Porto Alegre (3) | 65                                           | —      | —      | 10                                  |

\* Genes de origem africana em brancos ou genes de origem caucasóide em negros e mulatos.

\*\*Sistema Gm, que se expressa nas proteínas séricas e é especialmente adequado ao estudo da mistura racial.



## 5 ESTIMATIVAS DOS COMPONENTES RACIAIS PRESENTES EM POPULAÇÕES DO NORTE E NORDESTE DO BRASIL (FLUXO GÊNICO TRIÍBRIDO)

| População         | Estimativas dos componentes raciais (%) |       |       | Nº de sistemas genéticos utilizados |
|-------------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|
|                   | Branco                                  | Índio | Negro |                                     |
| Região Norte      |                                         |       |       |                                     |
| • Manaus (1)      | 28                                      | 37    | 35    | 2                                   |
| • Manaus (2)      | 61                                      | 27    | 12    | 3                                   |
| • Manaus (3)      | 62                                      | 27    | 11    | 1*                                  |
| • Manaus (4)      | 58                                      | 29    | 13    | 6                                   |
| • Codajás         | 19                                      | 29    | 52    | 2                                   |
| • Coari (1)       | 54                                      | 37    | 9     | 3                                   |
| • Coari (2)       | 46                                      | 39    | 15    | 1*                                  |
| • Coari (3)       | 43                                      | 43    | 14    | 8                                   |
| • Parintins (1)   | 67                                      | 29    | 4     | 3                                   |
| • Parintins (2)   | 32                                      | 50    | 18    | 1*                                  |
| • Parintins (3)   | 36                                      | 51    | 13    | 7                                   |
| • Belém (1)       | 50                                      | 17    | 33    | 2                                   |
| • Belém (2)       | 69                                      | 16    | 15    | 3                                   |
| • Belém (3)       | 53                                      | 20    | 27    | 1*                                  |
| • Belém (4)       | 54                                      | 22    | 24    | 8                                   |
| • Belém (5)       | 48                                      | 30    | 22    | 2                                   |
| • Belém (6)       | 49                                      | 20    | 31    | 1                                   |
| • Belém (7)       | 53                                      | 24    | 23    | 2                                   |
| • Belém (8)       | 45                                      | 31    | 24    | 1                                   |
| Região Nordeste   |                                         |       |       |                                     |
| • NE em geral (1) | 48                                      | 18    | 34    | 1                                   |
| • NE em geral (2) | 65                                      | 9     | 26    | 5                                   |
| • NE em geral (3) | 71                                      | 7     | 22    | 5                                   |
| • NE em geral (4) | 59                                      | 11    | 30    | 17                                  |
| • Pernambuco      | 72                                      | 10    | 18    | 2                                   |
| • Bahia           | 25                                      | 1     | 74    | 2                                   |
| • Natal (1)       | 62                                      | 11    | 27    | 2                                   |
| • Natal (2)       | 58                                      | 17    | 25    | 8                                   |

\* Sistema Gm.

Nota: Nos casos em que houve avaliações múltiplas, a composição mais provável aparece em vermelho.

Nordeste é mais complexa: os elementos formadores são três, em vez de dois, já que nessas regiões, ao contrário do que ocorreu no Sul e no Sudeste, a contribuição do índio foi significativa. Cinco populações do Norte foram estudadas, e os resultados estão apresentados na tabela 5. Uma delas, a de Codajás (AM), foi avaliada por meio de sistemas pouco eficientes (grupos sanguíneos ABO e Rh), e a constituição inferida — 19% de genes de origem caucasóide, 29% indígena e 52% africana — afasta-se da observada nas demais cidades, estudadas com melhores marcadores.

Em Manaus, Coari (AM), Parintins (AM) e Belém, fizeram-se múltiplas avaliações, e a tabela indica a composição mais provável. Nas três primeiras cidades, constatamos uma contribuição africana uniforme (13-14%), que é também o componente menos expressivo na formação das populações. Em Coari, a porcentagem de genes de origem caucasóide e indígena parece ser igual (43%). Já em Parintins, o componente indígena sobrepuja o branco (51%

e 36%, respectivamente), enquanto em Manaus ocorre o inverso. Em Belém, a contribuição africana torna-se mais significativa, em detrimento da indígena. Esses resultados são compatíveis com o que se sabe da história da população dessas várias cidades. Belém, assim como São Luís, foi porto de entrada de africanos. Era esperável, portanto, encontrar ali maior presença do componente negro. Em contrapartida, Manaus, sobretudo depois de transformada em zona de livre comércio, em 1967, tem absorvido maior número de elementos de origem caucasóide que as comunidades do interior do Amazonas, onde a influência indígena predomina.

Estudos genéticos da população do Nordeste como um todo e da cidade de Natal em particular indicam a seguinte composição genética, em números redondos: 60% de origem caucasóide, 10% de origem indígena e 30% de origem africana. A redução da influência indígena e o aumento da negra nessa região também são compatíveis com fatos históricos.

Recentes progressos realizados no campo da genética permitirão localizar melhor os pontos de origem da população negra vinda para o Brasil. A investigação direta do material genético, isto é, o ácido desoxirribonucleico (ADN), já permitiu verificar que as regiões adjacentes ao gene responsável pela produção da hemoglobina apresentam variações que, na África, correspondem a populações de áreas geográficas bem delimitadas. O exame dessas regiões do ADN de nossos negros poderá indicar, com grande margem de segurança, de onde provieram seus ancestrais. Estudos com essa finalidade já foram iniciados por nosso grupo, em Porto Alegre.

Que importância têm essas pesquisas? Antes de mais nada, justificam-se pela natureza eminentemente histórica dos processos evolutivos. É a compreensão do que ocorreu no passado e dos fatos e circunstâncias do presente que permite extrapolar para o futuro. E nosso patrimônio genético é sem dúvida algo muito importante, sendo nosso dever acompanhar suas alterações ao longo do tempo.

Mas, quando o racismo se mostra resistente a toda luta para erradicá-lo, não seriam esses estudos perigosos? Não poderiam ser explorados com base em pressupostos preconceituosos? Cabe lembrar que os fatos científicos não são em si mesmos bons ou maus. É nosso dever impedir que tenham uso impróprio, como o expressa com muita clareza o último parágrafo da Declaração da UNESCO de 1964, de que fui um dos signatários:

“Os dados biológicos (...) estão em contradição aberta com os postulados do racismo. As teorias racistas não podem, de maneira nenhuma, reivindicar qualquer fundamento científico, e os antropólogos devem procurar evitar que os resultados de suas pesquisas sejam usados de maneira tão viciada que possam servir a finalidades não científicas.”



### SUGESTÕES PARA LEITURA

- AZEVEDO T., *Democracia racial*. Petrópolis, Vozes, 1975.
- BERGMANN M., *Nasce um povo*. Petrópolis, Vozes, 1977.
- FREIRE-MAIA N., *Brasil: laboratório racial*. Petrópolis, Vozes, 1983.
- NADALIN S.O., “Imigração alemã no Brasil: dois problemas”, *III Colóquio de Estudos Teuto-brasileiros*. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 1980.
- GOULART M., *Escravidão africana no Brasil (das origens à extinção do tráfico)*. São Paulo, Alfa-Ômega, 1975.
- SALZANO F.M., *Pindorama, a inocência perdida*. Petrópolis, Vozes, 1975.
- SALZANO F.M., *Você e sua herança*. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1979.





PARQUE DAS



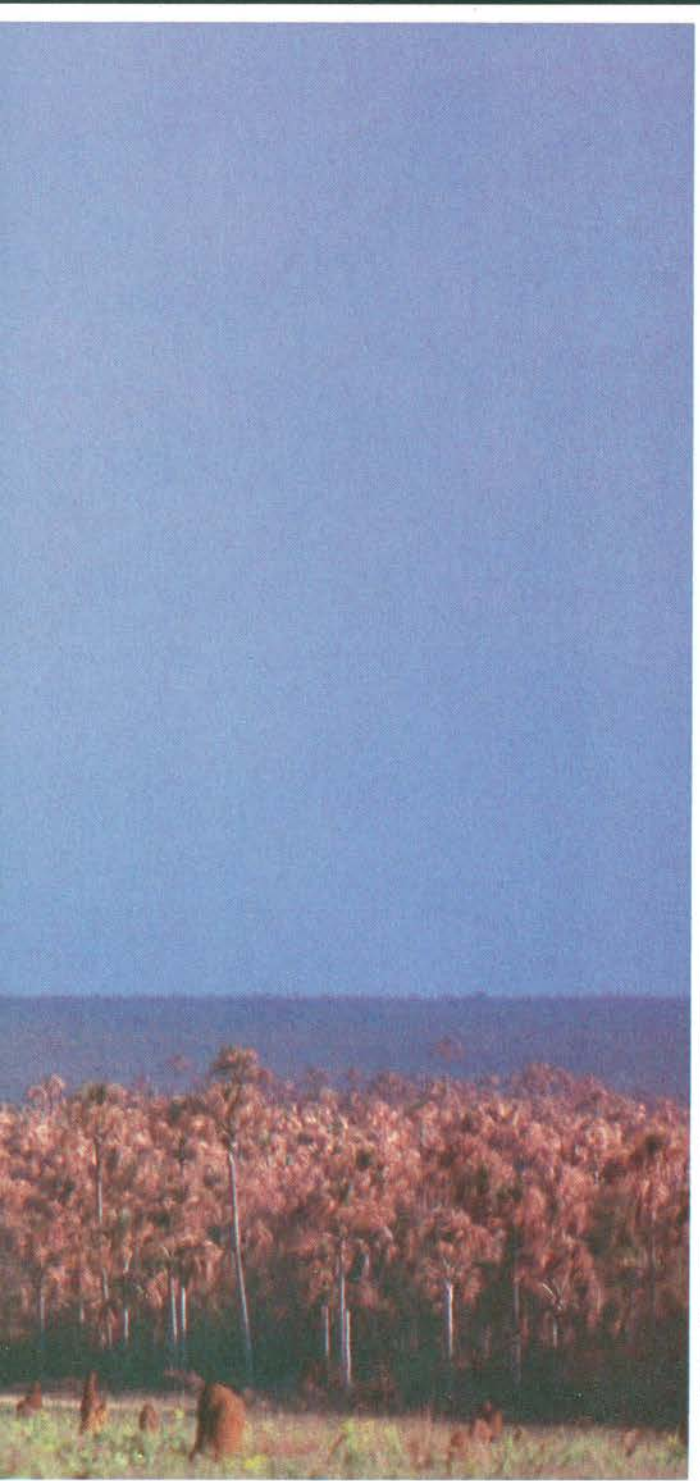


foto K. H. Redford

Para quem o avista de longe, ou depressa — da janela do automóvel que corre pela Belo Horizonte— Brasília, por exemplo —, o cerrado pode afigurar-se monótono. Árvores baixas, retorcidas, cobertas de poeira se é tempo de seca, compõem uma paisagem marrom e igual, aparentemente pobre. Visto mais de perto, porém, revela riquezas não só raras como exclusivas, ameaçadas agora, quando o Planalto Central aparece como a “nova fronteira agrícola”. A maior extensão preservada de terras de cerrado encontra-se no Parque Nacional das Emas, em Goiás. Ali, um ecossistema singular na América do Sul sobrevive a ataques que tomam formas as mais diversas: fogo, pesticida, e até decreto-lei. É lugar para quem gosta de bichos que vão rareando por este Brasil, como emas e seriemas, antas e tamanduás-bandeiras. Lugar onde, lá por setembro, quando começam as chuvas na região, é possível, de noite, ver cintilarem milhares de cupinzeiros. Lugar para ser visitado, estudado. E, sobretudo, lugar para ser protegido.

**Kent H. Redford**

Centro de Estudos Latino-Americanos,  
Universidade da Flórida

# EMAS



Certa vez ouvi um fazendeiro do Pantanal mato-grossense — que reúne uma das faunas mais ricas do mundo — lamentar a ausência de hipopótamos na paisagem à sua volta. De fato, um sentimento de inferioridade parece afligir às vezes alguns brasileiros pelo fato de o Brasil, diferentemente de países africanos, não possuir em sua fauna animais de grande porte. Mas, se lhe faltam elefantes ou girafas, a fauna brasileira tem outras riquezas. Parte delas, no cerrado.

Embora não seja comum avistar-se no cerrado brasileiro grandes bandos de animais silvestres, há no país uma área em que esse ecossistema apresenta uma fauna riquíssima e facilmente visível: o Parque Nacional das Emas, situado próximo às nascentes do rio Araguaia, na fronteira de Goiás com o Mato Grosso do Sul (18° 19' e 52° 45'). Criado em 1961, recebeu esse nome pelo fato de abrigar grande número de emas (*Rhea americana*), a maior das aves brasileiras. Localizado entre as bacias dos rios Amazonas e Prata, no flanco oriental do Planalto Central, o parque é limitado ao norte pelo rio Jacuba e ao sul pelo rio Formoso, que nascem ambos em seu território.

Embora o Brasil desenvolva um ativo programa de criação de parques nacionais e reservas biológicas, estes não representam adequadamente os diferentes tipos de vegetação nele predominantes. Embora o cerrado seja a segunda maior zona de vegetação do país, cobrindo aproximadamente de 15 a 25% da superfície total do seu território (as estimativas variam), apenas 11% da extensão dos parques nacionais apresentam esse tipo de vegetação.

foto K. H. Redford



Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) alimentando-se num cupinzeiro.

Campos gramináceos tomam cerca de 60% dos 131.868 hectares do Parque Nacional das Emas; o restante é constituído de cerrado ou de cerradão (vegetação de transição entre mata e campo cerrado), no que constitui a mais vasta extensão de cerrado preservada no Brasil. Faixas estreitas de matas de galeria (assim chamadas porque margeiam cursos d'água) e veredas providas de buritis (palmeiras do gênero *Mauritia*) marcam as nascentes de vários pequenos córregos que alimentam os rios Jacuba e Formoso (ver "Terra ardendo", em *Ciência Hoje* n° 16). Num largo trecho,

o Jacuba atravessa uma área plana, aberta e alagada, com pequenas faixas de floresta, que, anteriormente à chegada de fazendeiros e posseiros, eram bem mais extensas. A mata de galeria da nascente do Jacuba é uma das únicas áreas florestais com solo seco do parque. As demais matas de galeria assentam num piso inundado e a floresta propriamente dita está rodeada por estreita faixa de campo gramináceo constantemente inundado. Vastas áreas abertas de campos gramináceos alagados ocorrem em duas áreas do parque.

De setembro a maio, o período das chuvas na região, a precipitação atinge cerca de 1.500 mm. No resto do ano o clima é praticamente seco e a temperatura chega a exceder 35°C durante o dia, podendo cair à noite. Ultimamente, o parque tem sido castigado por geadas que destroem grande parte de sua folhagem.

Quem visita o Parque Nacional das Emas — um dos mais interessantes do Brasil, segundo o pesquisador argentino Francisco Erize — fica surpreso diante da facilidade com que se pode observar ali a vida silvestre. Não é sem razão que ele se converteu em ponto obrigatório no circuito das áreas naturais brasileiras.

O veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) é talvez o mamífero mais facilmente visível na área do parque. Grupos de até quatro animais são comumente vistos em formações de vegetação aberta. Embora o período de nascimento desses animais seja prolongado, é nos meses de outubro e novembro que veados jovens podem ser vistos com maior frequência. Esta é a única



foto K. H. Redford

No campo, entre os cupinzeiros formados após queimadas sucessivas, passeiam as emas (*Rhea americana*).



população relativamente grande dessa espécie — hoje ameaçada de extinção — que se encontra protegida num parque nacional. Nos últimos anos, grande número de machos adultos têm sido encontrados mortos, provavelmente vitimados por doenças de origem bovina, razão por que se fazem necessários cuidados especiais para garantir sua saúde.

É também relativamente grande a população de tamanduás-bandeiras (*Myrmecophaga tridactyla*) no parque, uma das áreas mais adequadas no Brasil para a observação desses animais. Eles se alimentam de pelo menos 14 espécies de formigas e cupins, sendo estes últimos seu alimento mais importante. Muitas outras espécies de mamíferos podem também ser encontradas ali. Entre elas, pelo menos cinco de tatu, duas de porco-do-mato, o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) e a anta (*Tapirus terrestris*), além de 14 espécies de carnívoros, entre os quais o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), o cachorro-do-mato-vinagre (*Speothos venaticus*), onças e duas espécies de lontra.

Apesar dessa riqueza faunística, pouco se sabe, do ponto de vista científico, sobre os animais que vivem no parque. Para um melhor conhecimento das espécies ameaçadas, impõe-se que se realizem com urgência levantamentos populacionais e estudos sobre exigências de habitat. Nos trabalhos de pesquisa sobre mamíferos, requer-se a utilização de armadilhas e redes, pois suspeita-se de que muitas espécies do grupo ainda não foram sequer descritas, como por exemplo os ratos-de-espinho dos gêneros *Clyomys* e *Carterodon*.

Durante a estação seca, a avifauna do parque é rica e diversa. Ornitologistas que lá estiveram registraram pelo menos 220 es-

pécies de aves de junho a agosto. O biólogo Paulo Antas, do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), informa que aves migratórias como o colhereiro (*Ajaia ajaja*) chegam durante a estação das chuvas. A ema (*Rhea americana*), a seriema (*Cariama cristata*), a pombinha-das-almas ou maria-branca (*Xolmis cinerea*) e a perdiz (*Rhynchotus rufescens*) são as aves mais comumente vistas por lá. Entre as espécies raras, ocorrem o inhambu-carapé (*Taoniscus nanus*) e o bacurau-rabo-branco (*Caprimulgus candicans*). Foi também no parque que se fez o primeiro registro, no Brasil, do caboclinho-de-costas-vermelhas (*Sporophila hypochroma*).

Os insetos sociais são talvez o elemento mais curioso da fauna local. Cupinzeiros dominam as formações de vegetação aberta: estima-se que são cerca de 25 milhões, espalhados pelo campo. Nos campos abertos,

os cupinzeiros de *Cornitermes cumulans* fazem as vezes das árvores: prestam-se à nidificação de aves, fornecem abrigo para muitos tipos de mamíferos, répteis e invertebrados e são utilizados como domicílio por pelo menos 17 espécies de formiga e por outras espécies de cupim. Esses mesmos cupinzeiros hospedam também larvas de uma espécie de vaga-lume do gênero *Pyrearinus*, as quais são responsáveis por um dos mais impressionantes espetáculos que a natureza nos reserva no parque: durante algumas semanas, no início da estação das chuvas, quando cai a noite, milhares dessas larvas emitem uma intensa luz esverdeada e a paisagem se transforma numa miríade de pontos luminosos. Ao que tudo indica, essa luz atrai as formas aladas de formigas e cupins que servirão de alimento às larvas (ver "Cupinzeiros luminosos", em *Ciência Hoje* nº 16, p. 92).

foto IBDF



Abaixo, uma das freqüentes queimadas que assolam a flora e a fauna do parque. Ao lado, um tamanduá-bandeira — vítima fácil do fogo.



**D**ominado por extensas áreas de gramíneas e cerrado cortadas por exuberantes matas de galeria e com uma fauna extremamente rica, o Parque Nacional das Emas é um ecossistema singular em toda a América do Sul. A riqueza que abriga, porém, não está a salvo, e isto se deve, principalmente, a dois fatores: a fragilidade dos seus limites e o fogo.

Quando o parque foi criado, as terras circunvizinhas, utilizadas como pastagens de gado bovino, com baixa densidade de animais, permaneciam virtualmente intocadas. Hoje, o quadro é outro: o parque está literalmente cercado por plantações de soja. Latas vazias de pesticidas espalhadas por suas imediações e a pulverização aérea em terras adjacentes o estão contaminando. Embora decreto de criação do parque estipulasse que as nascentes dos rios que o cortam deveriam ser protegidas, vários córregos que o atravessam têm origem em nascentes localizadas fora de seus limites e estão completamente desprotegidas. Grande parte da mata de galeria ao longo do rio Jacuba (que serve de limite para o parque) foi cortada, o que comprometeu um habitat importante para várias espécies. O complexo aquático que banha o parque precisa de proteção urgente, antes que este fique ainda mais poluído (ver "Um decreto ameaça o parque").

Urgente também é a revisão dos limites. Como se sabe, cursos de rio são absolutamente inadequados como limites de um parque. Igualmente inapropriadas são as estradas, e no entanto duas estradas de terra, intensamente utilizadas, também fazem esse papel. E o que é pior: há agora planos para pavimentá-las. Muito embora uma cerca bem construída feche sua laterais, a invasão do parque por caçadores vindos das estradas é fato comum.

Outro inimigo implacável é o fogo. Queimadas de grandes proporções, iniciadas fora do parque por fazendeiros interessados em melhorar a qualidade dos pastos e controlar parasitas do gado, avançam pelo parque e destroem extensas áreas, todos os anos. Essas queimadas não controladas matam tamanduás-bandeiras, que, com seus pêlos longos e inflamáveis, e incapacidade de reação rápida, são vítimas fáceis do fogo. Certa vez, após uma queimada de grandes proporções, cinco desses animais foram encontrados mortos. O fogo também ataca e eventualmente destrói as matas de galeria, extremamente importantes para a fauna do cerrado: muitas espécies nelas se abrigam e delas retiram água e alimentos. Levantamento feito pelo zoólogo Gustavo Fonseca e por mim com o objetivo de verificar as exigências de habitat de mamíferos do cerrado mostra que pelo menos um terço dos gêneros se extinguiria nu-

## UM DECRETO AMEAÇA O PARQUE

*"Nesse tempo, da nossa vinda pra cá, que ainda se via mansinho os bandos de ema na beira do caminho, eu já sabia por ouvir dizer como que os tiradores de pena faziam para encostar nelas até a distância de tiro..."*

Carmo Bernardes, Força da Nova (relembrações)

No princípio da década de 1960, alguns pecuaristas empenhados em preservar a fauna da região próxima às nascentes do rio Araguaia, no sudoeste goiano, lançaram a idéia da criação de um parque. A preservação da flora não estava em questão, já que na época nem se cogitava da exploração agrícola do cerrado. Até meados da década de 1970, quando esta se iniciou, a fauna era variada e abundante. Não era difícil ver, na região, grandes bandos de emas, veados-campeiros e porcos-do-mato, bem como outros animais menos sociáveis, como o lobo-guará, o tamanduá-bandeira, o tamanduá-mirim e diversos tipos de onça.

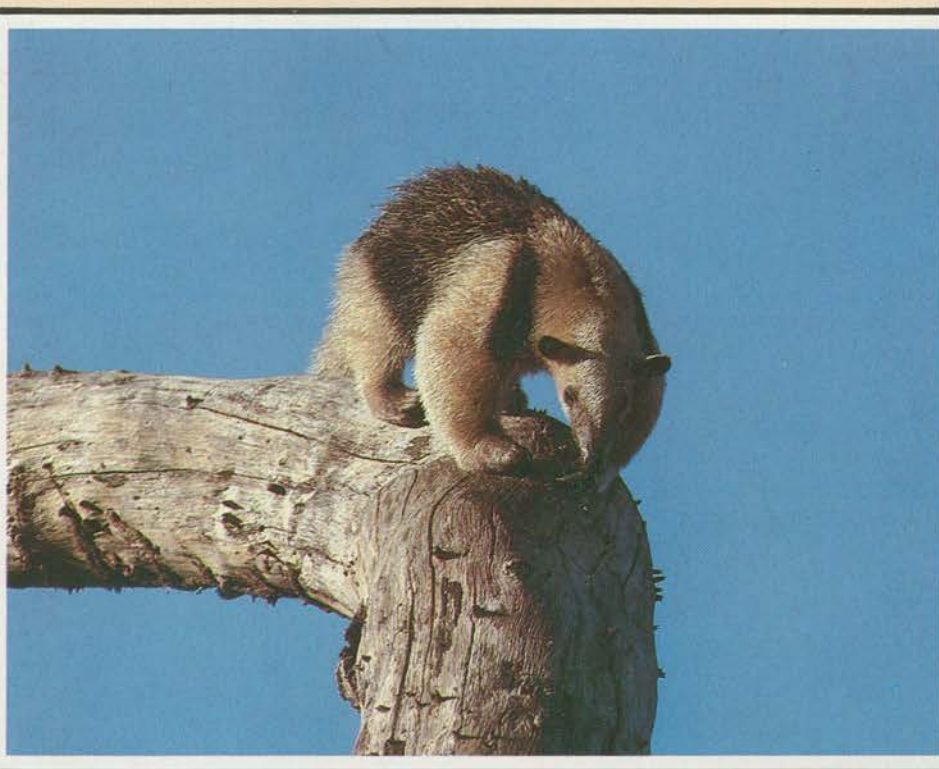
O Parque Nacional das Emas foi criado no dia 11 de janeiro de 1961 pelo decreto nº 49.874, assinado pelo presidente Juscelino Kubitschek. A área escolhida pertencia a Goiás (a maior parte) e ao Mato Grosso, hoje Mato Grosso do Sul, onde ficavam as nascentes dos tributários dos rios Formoso e Jacuba: os córregos Cupins, Rego d'Água, Gabiroba, Areia

e Ribeirãozinho, entre outros. Eram terras devolutas em sua quase totalidade. As que pertenciam a particulares foram desapropriadas no dia 4 de agosto de 1962 por decreto assinado pelo então prefeito do município de Mineiros (GO), em que o parque se situa.

Os problemas começaram 11 anos depois da criação do parque: por um decreto assinado pelo presidente Emílio Garrastazu Médici, seus limites foram redefinidos, de tal modo que dele ficaram excluídas as nascentes dos tributários da margem esquerda do rio Jacuba.

Em 1983, Kent H. Redford, que defendera tese de doutorado na Universidade de Harvard (Massachusetts, EUA) sobre o Parque Nacional das Emas, publicou na revista *Oryx* o artigo "Emas National Park and the plight of the Brazilian cerrados" (O Parque Nacional das Emas e a situação crítica dos cerrados brasileiros). Nele, chamava atenção, entre outras coisas, para os perigos associados a queimadas descontroladas promovidas nas

fotos K. H. Redford



O parque é um dos locais mais propícios, no Brasil, para a observação do tamanduá-mirim.





rios. Excluídas da área do parque pelo decreto de Médici, escreve ele, “as nascentes ficaram em terras particulares ocupadas pelo cultivo de soja, tornando-se canais poluentes regulares do Parque Nacional das Emas, potencialmente capazes de provocar desastres ecológicos. Além disso, o plantio de soja avança até a cerca do parque, num desrespeito flagrante à faixa-tampão de aproximadamente um quilômetro em torno do parque. É tam-

Abaixo, um tatu (*Euphractus*), animal representado no parque por pelo menos cinco espécies. À esquerda, seriemas (*Cariama cristata*), que estão entre as aves mais comumente vistas ali.



imediações do parque e para a contaminação das cabeceiras dos rios, fora dos seus limites.

O artigo de Redford acabou por sensibilizar os membros da Comissão de Conservação da Natureza da cidade de Mineiros, presidida por Eric James Deitchman. Convocados para uma reunião, os membros da referida comissão — proprietários de terra da região — se dispuseram a colaborar na defesa do parque, a começar pela construção de terraços de proteção às nascentes dos rios. Além dessa medida, a comissão promoveu, em julho de 1986, uma visita do prefeito de Mineiros ao parque. Em agosto do mesmo ano, reivindicou junto ao ministro da Agricultura, Íris Resende Machado, a doação de equipamentos que permitissem a defesa do parque contra incêndios. Nenhum recurso foi obtido, no entanto, quando a solicitação fora de Cr\$ 400.000,00 — os terraços de proteção não foram construídos.

Grande admirador e defensor incansável do Parque Nacional das Emas, Etelvino Bechara, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, elaborou um documento em que aponta numerosos problemas do parque e propõe soluções diferentes das imaginadas pela Comissão de Conservação da Natureza. Segundo ele, as tarefas de fiscalização, proteção e manutenção do parque, e ainda de assistência a pesquisadores e turistas, requerem pelo menos 30 funcionários — número calculado pelo Instituto Brasileiro

de Desenvolvimento Florestal (IBDF) segundo o *Plano de manejo do Parque Nacional das Antas*, publicado em 1981.

Atualmente, o pessoal que ali trabalha se resume a três funcionários. Além de mal remunerados — recebem em torno de dois salários mínimos —, não contam com assistência médico-odontológica adequada e não têm escola para os filhos.

Embora os produtores rurais da região gozem dos benefícios da eletrificação rural, não há energia elétrica no parque. A comunicação por rádio é deficiente. Entre outras coisas, faltam também equipamentos de defesa contra incêndios, torres de observação e casas para visitantes.

Bechara considera, porém, que o problema mais grave — e também o de mais difícil solução — enfrentado pelo Parque Nacional das Emas é o das cabeceiras dos

bém muito comum atualmente a presença de aviões agrícolas fazendo manobras na área do parque para aplicação de biocidas nas plantações de soja. Emas e certos pássaros costumam alimentar-se dos grãos desse cereal que caem dos caminhões que trafegam pelas estradas do parque”.

Por todas estas razões, é urgente a redefinição, por decreto presidencial, dos limites do Parque Nacional das Emas — único meio de se reconquistar a bacia hidrográfica dos rios Jacuba e Formoso, o que implicaria a desapropriação de terras particulares atualmente tomadas pela soja.

**Josias Dias da Costa**  
Monge beneditino,  
membro da comunidade de Mineiros, GO



# AFINAL, O QUE FALTA AOS PARQUES NACIONAIS?

Em 16 de março de 1987, a *Folha de São Paulo* publicou um depoimento de Ângela Tresinari Quintão, diretora do Departamento de Parques Nacionais e Reservas Equivalentes do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Comentando o estado precário em que se encontram os 28 parques nacionais brasileiros, ela observou:

“Não é dinheiro que falta, como todo mundo pensa. É pessoal. A gente está até dispensando a ajuda financeira de órgãos estrangeiros, porque não há como aplicar o dinheiro sem pessoal para trabalhar (...)” O jornal complementa: “A situa-

ção tende a piorar: o pessoal existente está se aposentando e indo para a iniciativa privada, com salários melhores.”

Em 14 de setembro de 1987, em resposta a uma carta dirigida por Etelvino Bechara à Presidência da República em novembro de 1986, Ângela Quintão assim se pronunciou:

“Concordamos em que a solução óbvia é a melhoria dessa Unidade de Conservação, no sentido de dotá-la tanto de maiores recursos humanos como de equipamentos necessários à sua proteção e manutenção. Lamentamos informar, entretanto, que os recursos financeiros que

nosso Departamento vem obtendo para investimentos nos parques nacionais e reservas biológicas estão muitíssimo aquém das necessidades (...) Quanto à necessidade de aumentar-se o pessoal dos parques e melhorar-se as condições salariais (...), esta é, infelizmente, uma questão que foge à alçada do IBDF.”

Ainda sobre o documento enviado pelo professor Bechara à Presidência da República, Maria Luísa Vicente Galante, geógrafa do IBDF, elaborou um parecer técnico, de que citamos alguns trechos:

“O professor Etelvino Bechara aponta os enormes problemas que afligem o Parque Nacional das Emas. Aponta também soluções, que seriam o melhor equipamento do parque no sentido de recursos humanos, econômicos e de equipamentos. Quanto à questão da contaminação do parque por agrotóxicos, recomenda sua redelimitação, aumentando-o e abrangendo então as nascentes dos rios Jacuba e Formoso. Infelizmente, o professor Bechara tem razão em toda a sua argumentação. Tudo isto é de conhecimento do Departamento Nacional de Parques, ao qual não foi possível até agora conseguir da Presidência (da República?) os recursos necessários para solucionar tão graves problemas.”

Plantação de soja próxima ao parque.



foto K. H. Redford

ma área cuja mata de galeria fosse destruída. Com relação aos pássaros, observa-se um padrão similar.

Queimadas limitadas têm, no entanto, algumas vantagens. Em áreas não submetidas ao fogo, as gramíneas podem atingir até 2,5 metros de altura, formando-se assim um habitat impróprio para a maioria da fauna. O fogo queima essa vegetação alta e promove seu rebrotamento, surgindo um habitat favorável ao veado-campeiro, à ema e a várias outras espécies. Ao que tudo indica, as queimadas controladas provocam a multiplicação do número de cupinzeiros e podem ser usadas como recurso adequado ao manejo do habitat de tatus e tamanduás-bandeiras. Além disto, o fogo é, no cerrado, um fenômeno natural cuja completa eliminação na área teria sem dúvida consequências deletérias.

As formações de vegetação aberta da América do Sul estão desaparecendo rapidamente ou sofrendo completa descaracterização sob um tapete de pastagens ou

plantações de arroz. Os pampas do Uruguai e da Argentina já desapareceram e os lhanos da Colômbia e da Venezuela estão em vias de extinção. O cerrado, sobretudo em decorrência do grande interesse existente em desenvolver ali uma agricultura extensiva, será o próximo ecossistema a ser destruído (ver: “A natureza das restingas”, em *Ciência Hoje* n° 33). Além disso, o governo brasileiro tem apoiado programas de desenvolvimento agropecuário e de silvicultura em áreas de cerrado.

A integridade do Parque Nacional das Emas — o melhor e mais vasto trecho de cerrado preservado num parque nacional — está ameaçada. Sendo a única área em que esse ecossistema tipicamente brasileiro está bem representado, a luta por sua ampliação e conservação adquire significado especial. Nossa inquietação diante da situação cada vez mais crítica da Amazônia e da mata atlântica não nos deve desviar do fato de que outros habitats sul-americanos estão igualmente ameaçados.



## SUGESTÕES PARA LEITURA

- ERIZE F., “Brazil’s finest national park”, *Oryx*, vol. 19, p. 457-462, 1977.
- REDFORD K. H., “Emas National Park and the plight of the Brazilian cerrados”, *Oryx*, vol. 19, p. 210-214, 1985.
- REDFORD K. H., “Prey attraction as possible function of bioluminescence in the larvae of *Pyrearinus termitilluminans* (Coleoptera: Elateridae)”, *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 1, p. 31-34, 1982.
- REDFORD K. H., “Lista preliminar de mamíferos do Parque Nacional das Emas”, *Brasil Florestal*, vol. 55, p. 29-33, 1983.
- REDFORD K. H., “Feeding and preference in captive ant wild giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*)”, *Journal of Zoology*, vol. 205, p. 559-572, 1985.
- REDFORD K. H. e PETERS G., “Notes on the song and biology of the red-legged seriema (*Cariama cristata*)”, *Journal of Field Ornithology*, vol. 57, p. 261-269, 1986.
- REDFORD K. H. e FONSECA G. A. B., “Zoogeography of the cerrado mammalian fauna the role of gallery forests”, *Biotropica*, vol. 18, p. 125-135, 1986.



## ARARINHA-AZUL: A UM PASSO DA EXTINÇÃO

Em 1819, o zoólogo alemão Johannes Baptist von Spix coletou, às margens do rio São Francisco, perto de Juazeiro (BA), uma pequena arara ainda não conhecida: plumagem toda azul com um tom de cinza, pele nua e cinzenta ao redor dos olhos e no loro, cauda muito comprida, bico relativamente pequeno. A espécie, chamada popularmente ararinha-azul, foi classificada no gênero *Cyanopsitta*, intermediário entre os gêneros *Anodorhynchus* — a que pertence a arara-preta (*A. hyacinthinus*) — e *Ara*, que inclui a maioria das araras e maracanãs.

Só se voltou a ter notícias da ave em 1903, quando o colecionador e zoólogo alemão Otmar Reiser observou-a na região de Parnaguá (PI). Desde então, foram raros os registros. Em 1974, o ornitólogo Helmut Sick viu sete indivíduos no oeste da Bahia. Em texto publicado em 1980, o ornitólogo norte-americano Robert S. Ridgely indicou a ocorrência da espécie também no nordeste de Goiás e no sul do Maranhão.

Em junho de 1985, com o apoio da Seção Pan-americana do Conselho Internacional para a Preservação de Aves (CIPA), fizemos uma expedição para pesquisar a biologia, a distribuição e o status atual da ararinha-azul. Por seis semanas, percorremos o sul do Maranhão e o sudoeste do Piauí. Sendo pouco provável que conseguíssemos observar aves tão raras, dedicamo-nos sobretudo a entrevistar os habitantes, em especial caçadores, avicultores e negociantes de pássaros. Não tivemos sequer notícia da ave nessas regiões; nem mesmo em Parnaguá, onde Reiser a observara no começo do século. Soubemos contudo, por negociantes de pássaros, da existência de cinco exemplares na região de Juazeiro, onde a espécie fora descoberta.

Em abril de 1986, conseguimos observar o que restava, em Juazeiro, da população descrita por von Spix: segundo os moradores, as aves tinham sido relativamente numerosas há alguns decênios. Habitavam então os dois lados do São Francisco, mas, há algum tempo, já não ocorriam no lado pernambucano. Contaram que se costumava, ali, tirar esporadicamente filhotes do ninho para criar em cativeiro. Nos anos 60 e 70, porém, crescera bruscamente o interesse pela espécie, cujos exemplares passaram a ser vendidos a bom preço. Além de

filhotes, aves adultas passaram a ser capturadas. Afetado o seu potencial reprodutivo, a população sofreu rápido declínio. Por fim, dos cinco exemplares de que tivéramos notícia em 1985, um desaparecera e outro fora abatido. Entre os três remanescentes, havia um casal que, em 1985/86, tentara duas vezes criar filhotes — sem sucesso, porque as aves foram perturbadas.

A espécie declinou, portanto, não por causa da destruição do habitat, mas da procura para fins comerciais. E esta foi empreendida, basicamente, por dois grupos de negociantes e capturadores de aves residentes no Piauí. Tentativas de tirar filhotes e até o casal de dentro do ninho, feitas em 1985, mostram que há interesse em capturar até a última ave.

Sempre se considerou que a ararinha-azul está ligada às palmeiras, sobretudo o buriti. Ora, não há buritizais na região de Juazeiro, cuja vegetação, segundo o botânico alemão Kurt Hueck, é um tipo de caatinga caracterizado pela grande frequência de euforbiáceas. Importante para essa ave são os riachos e as árvores altas. Pousam mais freqüentemente na craibeira (*Tabebuia caraiba*), que parece aliás ser a única árvore na região a ter ocos suficientemente grandes para a sua nidificação.

As ararinhas voam em casais ou em pequenos bandos, dando regularmente seu grito típico. Seu vôo assemelha-se mais ao das grandes araras — especialmente a arara-preta — que ao das maracanãs. A favela (*Cnidocolus phyllacanthus*), o pinhão-brabo (*Jatropha* sp), o juazeiro (*Ziziphus juazeiro*) e o pau-de-colher (*Maytenus* sp) são plantas relatadas como alimento da espécie. Na área de Juazeiro, o período da reprodução vai de novembro a março, variando um pouco de ano para ano segundo as condições climáticas. Era em fevereiro que se costumava tirar filhotes dos ninhos (em geral, há dois ou três em cada um).

Haverá outras populações da espécie? Embora Reiser e Sick atestem sua presença no Piauí e no oeste da Bahia, respectivamente, não obtivemos pistas seguras da ave nessas regiões. Se ainda houver populações de *C. spixii* ali, devem ser mínimas, escapando à observação da maioria dos caçadores e dos habitantes. As indicações de sua ocor-



Numa foto rara, as três ararinhas-azuis remanescentes na região de Juazeiro (BA).

rência no sul do Maranhão e em Goiás, dadas por Ridgely, são indiretas e, pelo menos no caso do Maranhão, duvidosas.

Há hoje por volta de 40 exemplares de *C. spixii* em cativeiro. Cerca de 20 no Brasil, os demais espalhados por vários países. Quase todos provêm da região de Juazeiro.

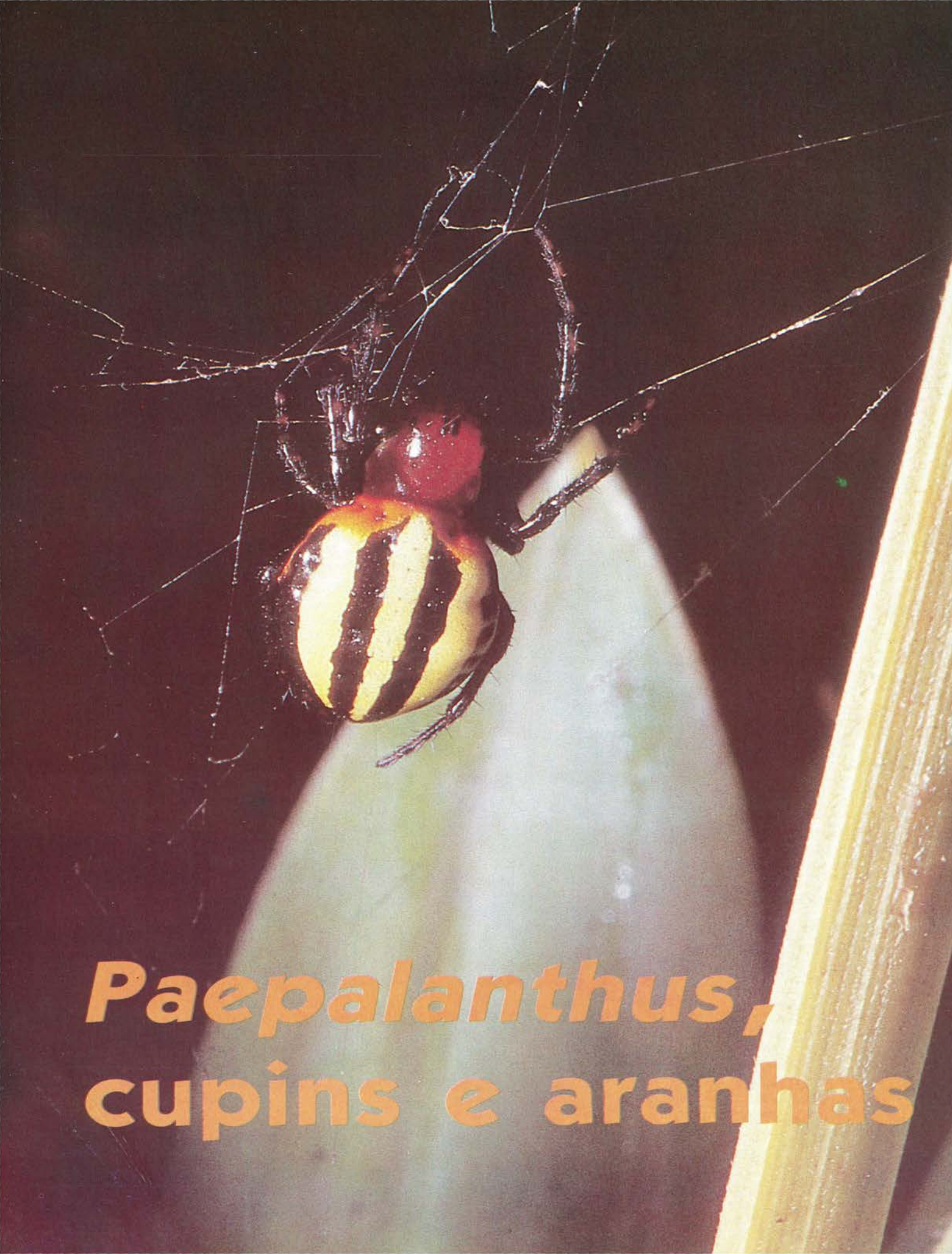
Diante dos fatos, impõem-se medidas urgentes. As aves da população conhecida devem ser vigiadas e protegidas, num esforço conjunto do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e da população local. O Fundo Mundial para a Vida Silvestre (World Wildlife Fund - WWF) e a Sociedade Zoológica para a Preservação de Espécies e Populações (Zoologische Gesellschaft für Arten und Populationsschutz), sediada em Munique, dispõem-se a apoiar financeiramente essa ação. Por outro lado, a procura de outras populações deve ser intensificada. Em 1987, a Seção Pan-americana do CIPA apoiará mais uma expedição com esse fim.

Um programa de reprodução em cativeiro, se iniciado logo, talvez represente o único meio de evitar a extinção da ararinha-azul. No exterior, já se busca registrar todos os indivíduos em cativeiro e reunir um estoque reprodutivo, sob a coordenação provisória do CIPA internacional. No Brasil, é urgente que os criadores da ararinha-azul, assumindo sua responsabilidade com relação à espécie, reúnam-se numa sociedade e elaborem um programa com o mesmo fim. Christoph Imboden, diretor do CIPA internacional, sugeriu que as aves produzidas em tal programa fiquem à disposição do governo brasileiro e sejam utilizadas exclusivamente para a reprodução ou para eventual operação de reintrodução. Filhotes não poderiam ser vendidos. Está em jogo a sobrevivência de uma espécie, o que se sobrepõe a qualquer valor financeiro.

**Paul Roth**

Departamento de Biologia,  
Universidade Federal do Maranhão





***Paepalanthus,***  
**cupins e aranhas**



**JOSÉ EUGÊNIO CÔRTEZ FIGUEIRA**

Departamento de Biologia Geral,  
Universidade Federal de Minas Gerais

**JOÃO VASCONCELLOS NETO**

Departamento de Zoologia,  
Universidade Estadual de Campinas

**A necessidade de sobreviver em ambientes severos faz surgir interessantes mecanismos de adaptação e associações entre diferentes organismos vegetais e animais, que passam a formar um verdadeiro microcosmo. Um exemplo é a convergência de *Paepalanthus bromelioides* com as bromeliáceas, embora pertença a uma família totalmente distinta, a das Euriocaulaceae. Essa convergência permitiu à espécie colonizar solos arenosos, com pouca água e poucos nutrientes, e disso se beneficiaram aranhas, cupins e outros pequenos insetos, que se associaram à planta, obtendo alimento com maior facilidade e contribuindo para que ela se desenvolva.**

**Q**uem caminha pelos campos rupestres da serra do Cipó certamente já notou a presença de estranhas plantas, parecidas com as bromélias, que nascem sobre blocos cilíndricos de areia ou terra. Em alguns trechos da serra, elas se aglomeram às centenas e destacam-se da vegetação circundante, formada sobretudo por gramíneas e arbustos de pequeno porte. É nesses solos arenosos e cascalhentos que parece estar a chave para a compreensão da história evolutiva dessas plantas e de sua associação com aranhas e cupins.

A planta, *Paepalanthus bromelioides*, parece ser endêmica daquela região de Minas Gerais e de seus solos rasos e pobres em nutrientes e matéria orgânica (ver 'Campos rupestres', em *Ciência Hoje* n.º 25). Ao contrário de outras espécies de *Paepalanthus*, de caules bem desenvolvidos e cobertos por uma camada de bainhas foliares persistentes, *P. bromelioides* tem o caule pouco desenvolvido e freqüentemente envolto por um cupinzeiro de terra, com até 30 centímetros de altura e forma cilíndrica (figura 1).



FIGURA 1. *Paepalanthus bromelioides*; em flor, associada a um cupinzeiro.



As maiores rosetas de *P. bromelioides* estão nos cupinzeiros grandes: os dois se desenvolvem juntos. Mas o crescimento do cupinzeiro é um processo complexo, que envolve erosão e acúmulo de sedimentos pelo vento e pela chuva. A erosão parece desgastar a parte do solo que fica fora da proteção da roseta e do feixe de raízes da planta. Isso significa que, ao crescer, a roseta vai aumentando a sua proteção (figura 2).

Os sedimentos trazidos pelo vento ou atirados por respingos de chuva vão se acumulando por baixo da roseta e nas paredes do cupinzeiro, o que faz com que ele aumente em altura e diâmetro. Esses sedimentos recebem a matéria orgânica produzida pelos cupins e são por eles usados na construção de galerias, celas e outras estruturas do cupinzeiro.

Internamente esses cupinzeiros são compactos, atravessados por poucas galerias e celas que não atingem a parte viva do caule (figura 3). Os cupins utilizam a planta como alimento e abrigo. As galerias externas são pouco frequentes e aparecem em pequeno número nos cupinzeiros de *Vellocitermes*. Pelo menos três outros gêneros de cupins aí ocorrem: *Nasutitermes*, *Armitermes* e *Spinitermes*. Aparentemente, essas diferentes espécies de cupins dividem áreas diferentes dos cupinzeiros e até se alimentam de partes distintas da planta. O fato de que as galerias de forrageamento só foram observadas em *Vellocitermes* poderia indicar que estes cupins enriquecem o solo dos cupinzeiros com nutrientes coletados ao redor da planta.

No período das chuvas (outubro-dezembro) aparecem os cupins com forma alada. Nessa época eles costumam construir torres no alto e nas paredes laterais do cupinzeiro para daí se dispersarem. Quando procuram locais para seus ninhos, os casais podem acabar em cupinzeiros habitados por colônias da mesma ou de outras espécies. A presença dos cupins em *P. bro-*

*melioides*, com a associação de algumas espécies vegetais, como *N. rizzini*, indica que a planta propicia um microclima mais ameno do que o ambiente em volta, com a renovação contínua de alimento para esses insetos.

Os campos rupestres sofrem incêndios periódicos, tanto pela ação do homem quanto por causas naturais. Após a passagem do fogo, que destrói a cobertura vegetal e expõe o solo arenoso, restam apenas plantas com os caules chamuscados e a base das touceiras de gramíneas. A essas condições resistem bem, contudo, as velozíaceas (canela-de-ema) e as espécies de *Paepalanthus* com caules envolvidos pela camada de bainhas foliares. Esta funciona como isolante térmico, protegendo os sistemas condutores dessas plantas contra o fogo.

As grandes rosetas de *P. bromelioides* sofrem menos com o fogo do que as pequenas. Além disso, no nível do solo ou sobre os cupinzeiros mais altos as rosetas sofrem menos danos. *Paepalanthus robustus*, cujo caule tem diâmetro bem menor mas é mais alto que os cupinzeiros de *P. bromelioides*, apresenta o mesmo padrão de queima. Portanto, o cupinzeiro sob *P. bromelioides* desempenha o mesmo papel que o caule de *P. robustus*, atenuando o grau de exposição da roseta às chamas. Por ser de terra, o cupinzeiro possui propriedades provavelmente ainda mais eficazes.

Os cupinzeiros de *P. bromelioides* e os caules das velozíaceas e de outras espécies de *Paepalanthus* (figura 4) parecem representar uma solução evolutiva diferente para o mesmo problema: o fogo. Em *P. bromelioides*, a associação com os cupins, ao lado da capacidade da planta de segurar solo ao redor de suas raízes durante o processo erosivo, pode ter tornado desnecessário o investimento no crescimento do caule e na camada de bainhas foliares.

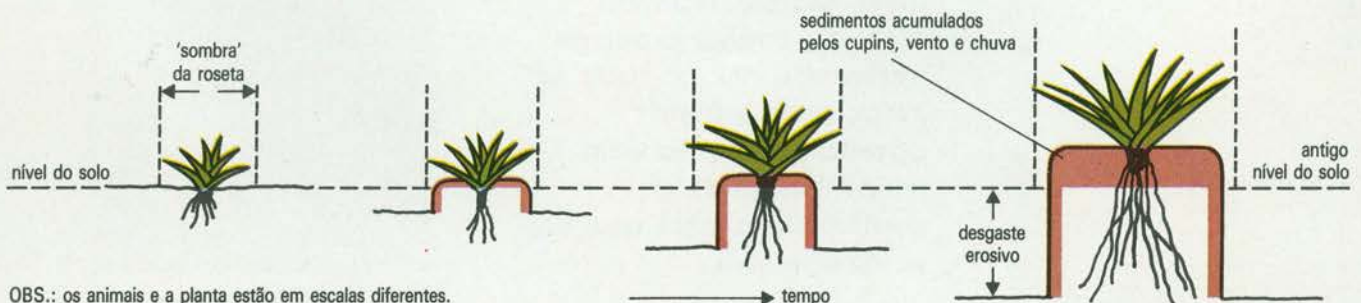
O fogo tem papel importante, pois, ao diminuir os recursos alimentares e os locais



FIGURA 3. Corte longitudinal de *P. bromelioides*, mostrando o caule pequeno e envolto pelo cupinzeiro, no caso bastante compacto, com poucas galerias e algumas celas.

sombreados de aninhamento, provavelmente limita as populações de cupins que forrageiam em campo aberto. Por se alimentarem de partes mortas da própria planta, protegidos pelo cupinzeiro, e não necessitarem, portanto, de fontes externas de celulose, os cupins associados a *P. bromelioides* teriam vantagem sobre as demais espécies.

A natureza oligotrófica (pobre em nutrientes) dos campos rupestres é consequência direta do acentuado processo erosivo, que não permite o acúmulo de matéria orgânica. Como os solos são arenosos, a água da chuva rapidamente se perde. Essa característica, somada à compactação extrema, submete as plantas a um estresse hídrico, mesmo durante a estação chuvosa. Por isso, são comuns as adaptações que facilitam às plantas captar e conservar água



OBS.: os animais e a planta estão em escalas diferentes.

FIGURA 2. Tudo leva a crer que os cupinzeiros se formam em torno de *P. bromelioides* já estabelecidas. A partir daí, os dois crescem juntos.



— até mesmo a da neblina, como é o caso das bainhas foliares.

*Paepalanthus bromelioides* não parece dispor de mecanismos especiais de dispersão de frutos e sementes. Isto significa que as novas plantas se desenvolveriam próximas à planta-mãe, o que tornaria o ambiente cada vez mais saturado de indivíduos. No entanto, isso não parece acontecer. Existem evidências de competição intra-específica, que aparentemente se manifesta no padrão de distribuição espacial e também na produção de maior número de inflorescências por planta, com o aumento da distância ao vizinho co-específico mais próximo.

A competição intra-específica poderia ser um dos fatores que impedem a saturação de indivíduos no ambiente. Nessas condições, formas alternativas de obtenção de água e nutrientes são vantajosas. A primeira é o enriquecimento do solo pelos cupins e pela fauna de predadores que se abriga sob a roseta. A segunda é a captação de água da neblina e da chuva, de detritos trazidos pelo vento, de produtos e restos de animais que caem sobre a planta, se decompõem e são absorvidos no interior da roseta.

Análises do solo de cupinzeiros associados a *P. bromelioides* demonstraram composição granulométrica e teores de nutrientes diferentes dos encontrados no solo ao redor. São mais elevados, especialmente, os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio. Como a maior parte dos cupins não forrageia externamente, essa concentração maior de nutrientes deve resultar da decomposição da própria planta. Por outro lado, os cupins enriquecem o solo com nutrientes obtidos da planta, que são reabsorvidos pelas raízes. Insetos predadores que se abrigam na base da roseta ou buscam alimento nas imediações da planta também contribuem, com seus restos, para enriquecer o solo em que *P. bromelioides* cresce. Entre estes estão escorpiões, opiliões, aranhas e formigas, alguns dos quais capturam outros invertebrados que utilizam a planta como abrigo.

Os solos sob plantas desprovidas de cupinzeiros mostram baixos teores de nutrientes, se comparados aos dos cupinzeiros de *P. bromelioides*, sendo que elas também abrigam uma fauna semelhante de predadores. É provável que essa diferença se deva à lixiviação, principalmente às águas de escoamento superficial, que carregam os nutrientes do solo ao redor da planta. Isso não acontece com os solos dos cupinzeiros sob a roseta da planta, que ficam até 30 centímetros acima da superfície do solo. No entanto, a maior concentração de nutrientes não contribui para que *P. bromelioides* invista mais em sua reprodução (medida pela biomassa de inflorescências) ou no crescimento da roseta.



FIGURA 4. Campo rupestre, notando-se a presença de *P. bromelioides* e de algumas velozíaceas (ao fundo). Na primeira, o cupinzeiro atua como isolante, protegendo a planta do fogo, enquanto na segunda a proteção é garantida pelas camadas de bainhas foliares.



FIGURA 5. Inflorescência de *P. bromelioides* com díptero visitante. Os visitantes são presas usuais de aranhas que vivem associadas à planta — thomisídeas e *Alpaida quadrilobata*.

A associação entre os cupins e *P. bromelioides* é provavelmente do tipo mutualístico. Embora parte da formação do cupinzeiro se deva a processos abióticos (em que organismos vivos não estão envolvidos, como a erosão e o acúmulo de sedimentos por vento e chuva), gerações sucessivas de cupins poderiam ter uma contribuição significativa para o aumento e coesão desses microrrelevo. Isto, mais o fato de que os cupins diminuem a quantidade de material combustível da roseta e misturam ao solo seus excrementos ricos em nutrientes, reduziria os danos causados pelo fogo e as perdas de nutrientes por lixiviação. Por outro lado, os cupins obtêm da planta alimento constantemente renovado e um micro-

clima mais estável e ameno, quando comparado ao ambiente circundante.

Nos campos limpos onde *P. bromelioides* cresce, com predominância de gramíneas e formas herbáceas, podem ocorrer temperaturas superiores a 50°C. Vários tipos de animais utilizam a roseta da planta como abrigo contra essas altas temperaturas. Ao fazê-lo, podem se tornar presas de aranhas, escorpiões e outros predadores. Por se destacar na vegetação circundante pela floração sincrônica (todas as plantas florescem de uma só vez — em uma delas já vi mais de 700 flores), *P. bromelioides* também atrai insetos à procura de pólen (figura 5) e predadores, entre eles aranhas, à procura desses insetos.



Quatro grupos de aranhas com diferentes estratégias de captura são hóspedes frequentes: *Alpaida quadrilorata* (família Araneidae), *Latrodectus geometricus* (Theridiidae) e representantes das famílias Thomisidae e Anyphenidae. A primeira arma suas teias acima do tanque da roseta, geralmente capturando insetos que visitam as inflorescências (figuras 6 e 7). *Latrodectus geometricus* arma a maior parte das teias entre as folhas da base e o interior do tanque; geralmente captura insetos e outros artrópodes que utilizam a roseta para abrigar-se ou caçar. As Anyphenidae não constroem teias: buscam ativamente suas presas, deslocando-se rapidamente por todo o interior da roseta. As Thomisidae esperam suas presas imóveis nas inflorescências, com as quais se confundem por serem brancas. Caçam geralmente insetos que buscam pólen.

A atividade desses predadores faz com que os restos das presas caiam no interior da roseta. A esses restos juntam-se carcaças de artrópodes mortos por outros fatores, detritos trazidos pelo vento (folhas, galhos, inflorescências), casulos de insetos, ootecas de aranhas (figura 8) e ainda secreções de toda essa pequena comunidade. Uma vez depositados no interior do líquido acumulado no tanque da roseta, os detritos começam a se degradar. O líquido torna-se denso e gelatinoso. Seu pH ácido (entre 3,5 e 5,2) deve ser resultante, pelo menos em parte, desse processo de degradação.

Assim, a entrada de nutrientes em *P. bromelioides* estaria condicionada em parte à atividade dos predadores e à sua própria

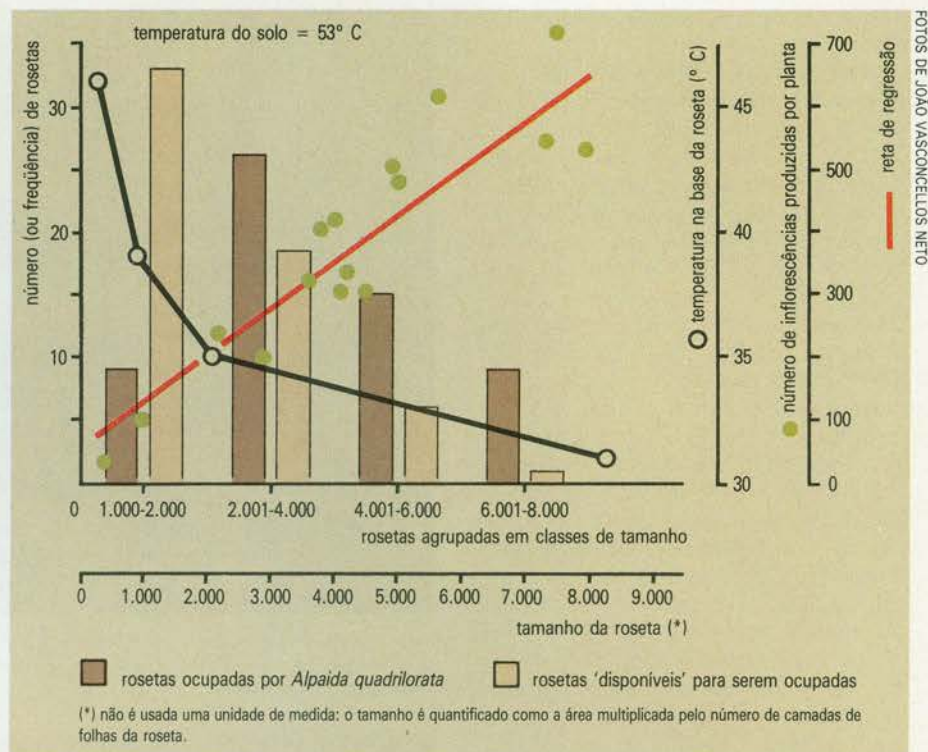


FIGURA 6. A aranha *Alpaida quadrilorata* seleciona plantas em função da abundância e do tamanho da roseta. Dois fatores importantes determinam a seleção: o maior número de inflorescências (diretamente relacionado ao tamanho da roseta) e a menor temperatura no interior (inversamente relacionada ao seu tamanho).

capacidade de atrair presas. A concentração de animais nesse microcosmo (figura 9) representaria para a espécie um abastecimento suplementar de nutrientes e uma vantagem em relação a plantas — as bromeliáceas, por exemplo — que interceptam os detritos passivamente, isto é, ao acaso, como os que são trazidos pelo vento.

Membros da família das bromeliáceas conseguiram independência do solo como fonte de água e nutrientes graças à forma coletora de suas rosetas e à capacidade de absorção por tricomas (pêlos absorventes). Isso permite que elas se irradiem por habitats áridos e inférteis (ver 'O caminho da independência').



FIGURA 7. Fêmea de *A. quadrilorata*, que geralmente arma sua teia sobre o tanque central, capturando visitantes florais e insetos que procuram a planta como abrigo.



FIGURA 8. Tanque central de *P. bromelioides*, vendo-se duas ootecas da aranha *Latrodectus geometricus*. No tanque, além de água, encontram-se restos de presas. Note-se a semelhança com bromeliáceas.

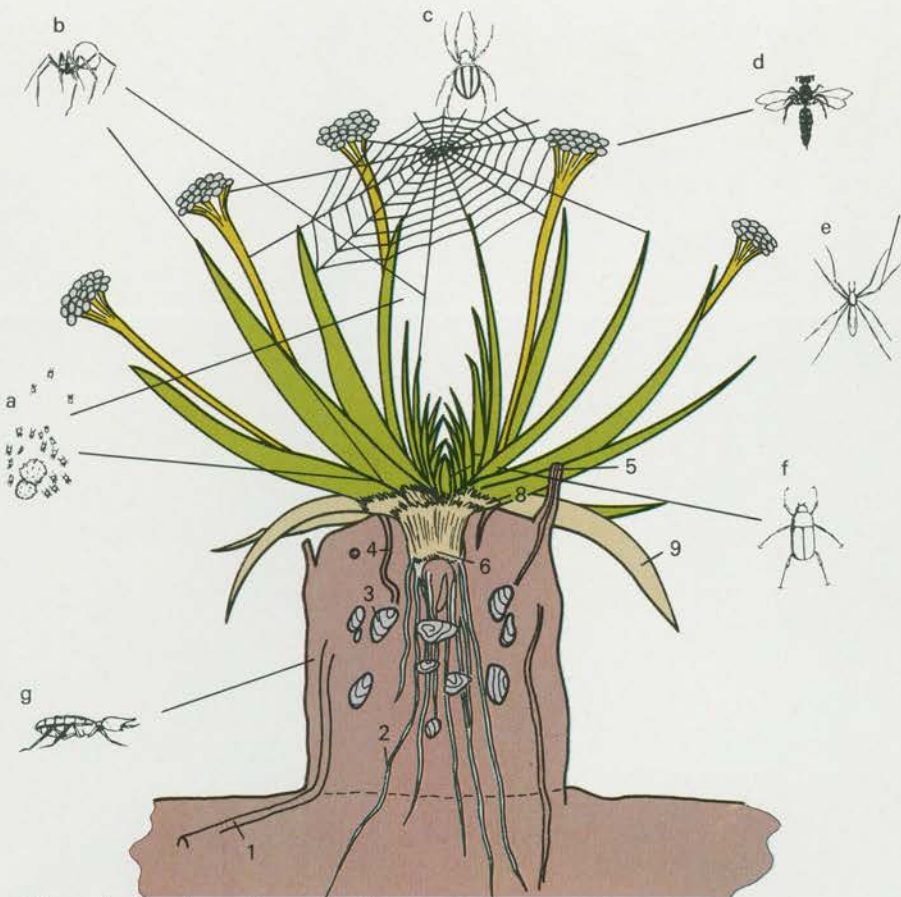


## O CAMINHO DA INDEPENDÊNCIA

*P. bromelioides* poderia estar seguindo um caminho evolutivo análogo ao das bromeliáceas, ocupando inicialmente ambientes áridos e oligotróficos, nos quais conseguiria certa independência nutricional. Nas bromeliáceas, tais passos permitiram um 'salto' para o hábito epífita — o hábito de viver sobre outras plantas, sem parasitá-las.

A forma coletora da roseta das bromeliáceas, ao lado de sua capacidade de absorção por tricomas e pela superfície das folhas, dá a essas plantas uma certa independência do solo como fonte de água e nutrientes. Isso lhes permitiu colonizar habitats áridos e inférteis, como pântanos, troncos de árvores e paredes rochosas. As epífitas de mata atlântica, por exemplo, interceptam água de chuva e detritos que caem do dossel da floresta. Algumas espécies tornaram-se carnívoras. Elas complementam a pobreza de nutrientes dos solos encharcados onde habitam atraindo presas para o interior das rosetas, onde estas são digeridas e absorvidas.

O grau de independência das bromeliáceas chega a tal ponto que algumas espécies (chamadas 'atmosféricas') absorvem água diretamente da atmosfera! Elas ocupam o dossel das florestas, ambiente considerado extremamente seco, e suas raízes absorvem água da mesma maneira que o velame das orquídeas.



OBS.: os animais e a planta estão em escalas diferentes.

FIGURA 9. Microcosmo de *P. bromelioides* (corte esquemático), mostrando os locais da planta utilizados pelas aranhas associadas e a estrutura interna do cupinzeiro. (a) Ootecas de *L. geometricus*, mostrando a saída dos filhotes. (b) *L. geometricus* adulta. (c) *A. quadrilobata* e sua teia — esta aranha, quando perturbada, mergulha no líquido que se acumula no tanque da roseta e pode ficar até três minutos submersa. (d) Himenóptero Tiphidae, coletor de pólen, uma presa das aranhas que armam teias acima da roseta ou que caçam sobre as inflorescências, como as thomisídeas. (e) Aranha da família Anyphenidae, que caça percorrendo rapidamente a roseta e não constrói teias. (f) Coleóptero escarabeídeo (provavelmente do gênero *Barybas*), que se abriga entre as folhas da roseta, presa usual de *L. geometricus*. (g) Soldado de cupim do gênero *Nasutitermes*. (1) Galeria externa de forrageamento dos cupins, que percorre a superfície do solo até touceiras de capim, troncos mortos etc. (2) Raízes da planta. (3) Grandes espaços vazios que podem ser atribuídos aos cupins. (4) Galeria interna, que percorre o interior do cupinzeiro e pode sair em seu topo, na base da roseta. (5) Torre para dispersão de cupins alados. (6) Caule da planta. (7) Gema da planta, protegida por folhas que nascem à sua volta. (8) Restos de folhas mortas da base da roseta, cortadas pelos cupins. (9) Folhas secas.

A semelhança de forma de *P. bromelioides* com as bromeliáceas sugere que as pressões seletivas impostas pela escassez de água e nutrientes as tenham levado ao reforço de características que lhes permitem obter tais recursos por outras vias além das raízes. Como nas bromeliáceas, a forma aberta da roseta de *P. bromelioides* favorece a captação da luz, da água e dos nutrientes. A planta ficaria, entretanto, sujeita a danos causados pelo excesso de radiação luminosa (principalmente ultravioleta), dessecação e ainda perda de nutrientes por transbordamento.

A luz ultravioleta pode ser importante para atrair presas em plantas carnívoras. Essa forma de atração deveria existir em ambientes cuja paisagem de fundo criasse contraste, absorvendo esses comprimentos de onda. Os solos arenosos, porém, não oferecem esse contraste, pois refletem o ul-

travioleta. Isso faz crer que a reflexão ultravioleta não tem a função de atrair animais para *P. bromelioides*. Nela, a capacidade de refletir o ultravioleta é um dos mecanismos que protegem suas folhas contra a luminosidade excessiva.

Embora não tenha sido comprovada a capacidade de absorção de *P. bromelioides* através de tricomas (para isso são necessários testes com traçadores radioativos), provavelmente a água e os nutrientes poderiam ser absorvidos dessa forma, através das superfícies foliares ou mesmo pelas raízes. Nesse processo, o cupinzeiro seria também importante, interceptando o líquido que transbordasse da roseta. Desta forma, não se perderia nas águas de escoamento superficial, e assim aumentariam as chances de sobrevivência para todos os integrantes do microcosmo: plantas, cupins e aranhas.

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- JUNIPER B.E. & SOUTHWOOD T.R.E. (eds.), *Insects and the plant surface*. Edward Arnold, Londres, 1986.
- FIGUEIRA J.E.C., 'Associação entre *Paepalanthus bromelioides* Silv. (Eriocaulaceae), aranhas e térmitas'. Tese de mestrado, Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, 1989.
- GIULIETTI A.M., MENEZES N.L., PIRANI J.R., MEGURO M. & WANDERLEY M.G.L., 'Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização geral e lista de espécies', em *Boletim Botânico* n° 9, pp. 1-151, 1987.
- RIZZINI C.T., *Tratado de fitogeografia do Brasil*. Editora da Universidade de São Paulo, 1976.



# A história d





# o Velho Brasil

**Pedro Ignácio Schmitz**

Instituto Anchietano de Pesquisas,  
São Leopoldo (RS)

*Quando Portugal descobriu o Brasil, mais de 500 gerações da nossa espécie haviam deixado neste território as marcas de suas atividades e de sua luta pela sobrevivência. Essa história, que nada tem de fantasiosa, pode ser conhecida por documentos que só os arqueólogos sabem ler: pedras primitivamente talhadas, restos de refeições milenares, pinturas em rochas e vestígios de rituais de sepultamento, de fogueiras há muito apagadas, de acampamentos quase imperceptíveis. Vinte equipes arqueológicas espalhadas pelo país selecionaram cuidadosamente todo esse material e o interpretaram. Às primeiras hipóteses levantadas acrescentam-se, a cada ano, a cada pesquisa, novos dados que contribuem para tornar a história mais concreta.*

Antigo sepultamento em abrigo de Serranópolis: o corpo foi dobrado para ser enterrado.



O período situado entre dez mil e cinco mil anos a.C. representa o capítulo inaugural do povoamento do nosso território atual. A Terra saía então de um período extremamente frio, cujas marcas ficaram impressas na paisagem, na vegetação e na fauna, condicionando também as atividades humanas. Ele corresponde à última das grandes glaciações que acompanharam a existência do homem sobre a Terra. Essas glaciações, que duraram dezenas de milhares de anos cada uma, se repetem em ciclos e são intercaladas por períodos quentes, igualmente longos, com temperatura semelhante à atual, mas geralmente mais alta. No hemisfério Norte, camadas de gelo de milhares de metros de altura cobriam, na última dessas glaciações, a Europa (desde o pólo até a altura onde hoje está Londres) e a América (até perto da Nova Iorque que conhecemos). No hemisfério Sul a extensão das geleiras era menor, mas seus efeitos não eram muito diferentes. A água congelada na terra faltava no mar, cujo nível era correspondentemente mais baixo. As faixas de vegetação do globo acompanhavam o deslocamento das faixas de temperatura e umidade, e os animais eram adaptados às con-

dições climáticas reinantes. Esse período, que inclui o surgimento e principal desenvolvimento do homem, termina ao redor de dez mil anos a.C. É conhecido como Pleistoceno. O período seguinte é o Holoceno, que se estende até os dias atuais.

Em 1977, o geógrafo brasileiro Aziz Ab'Sáber propôs um modelo de como se encontraria o Brasil no final do Pleistoceno, entre 16 mil e 11 mil anos a.C.: a temperatura seria inferior em alguns graus à atual e se faria acompanhar de aridez generalizada. Como o nível do mar era muito mais baixo que hoje — talvez menos cem ou 150 metros —, a plataforma continental estaria exposta, alargando a planície costeira em mais cem ou mesmo 200 quilômetros nos lugares de mar raso. A floresta ocuparia pequena parte do território, dominado por vegetações abertas como o cerrado, a caatinga, estepes e campos. Nas terras elevadas das atuais regiões Sul e Sudeste, havia uma extensão maior de pinheirais. Na fauna destacavam-se animais agigantados, ancestrais de cavalos, lhamas, tatus, preguiças, antas e cervos.

Com o fim da era glacial e o aumento da temperatura e das chuvas, o oceano recuperou a plataforma continental. O ter-

ritório assumiu então sua feição tropical, expandindo-se a floresta e o cerrado em prejuízo da caatinga, da estepe e do pinheiral (figura 1). A maior parte dos animais agigantados deixou de existir. Nessa transição, o território hoje brasileiro foi ocupado rápida e sistematicamente por populações humanas, que teriam vindo da Ásia através do estreito de Behring (como afirma a maioria dos arqueólogos americanos) ou que já estavam, havia milênios, estabelecidos no Nordeste (como desejam provar alguns arqueólogos brasileiros).

No Holoceno antigo, essas populações se instalaram em diversas áreas do território e se expandiram. Os arqueólogos americanos se referem a uma explosão demográfica que teria ocorrido nesse tempo, no que hoje corresponde aos Estados Unidos, em decorrência das novas condições ambientais favoráveis. Quer aceitemos um povoamento pleistocênico para o nosso Nordeste, quer não, essa hipótese pode ser considerada válida para o povoamento do Brasil central. Em relação às demais áreas de nosso território, os dados ainda são insuficientes para autorizá-la (ver 'Arqueólogos em ação na Bahia', em *Ciência Hoje* n° 47, p. 78).

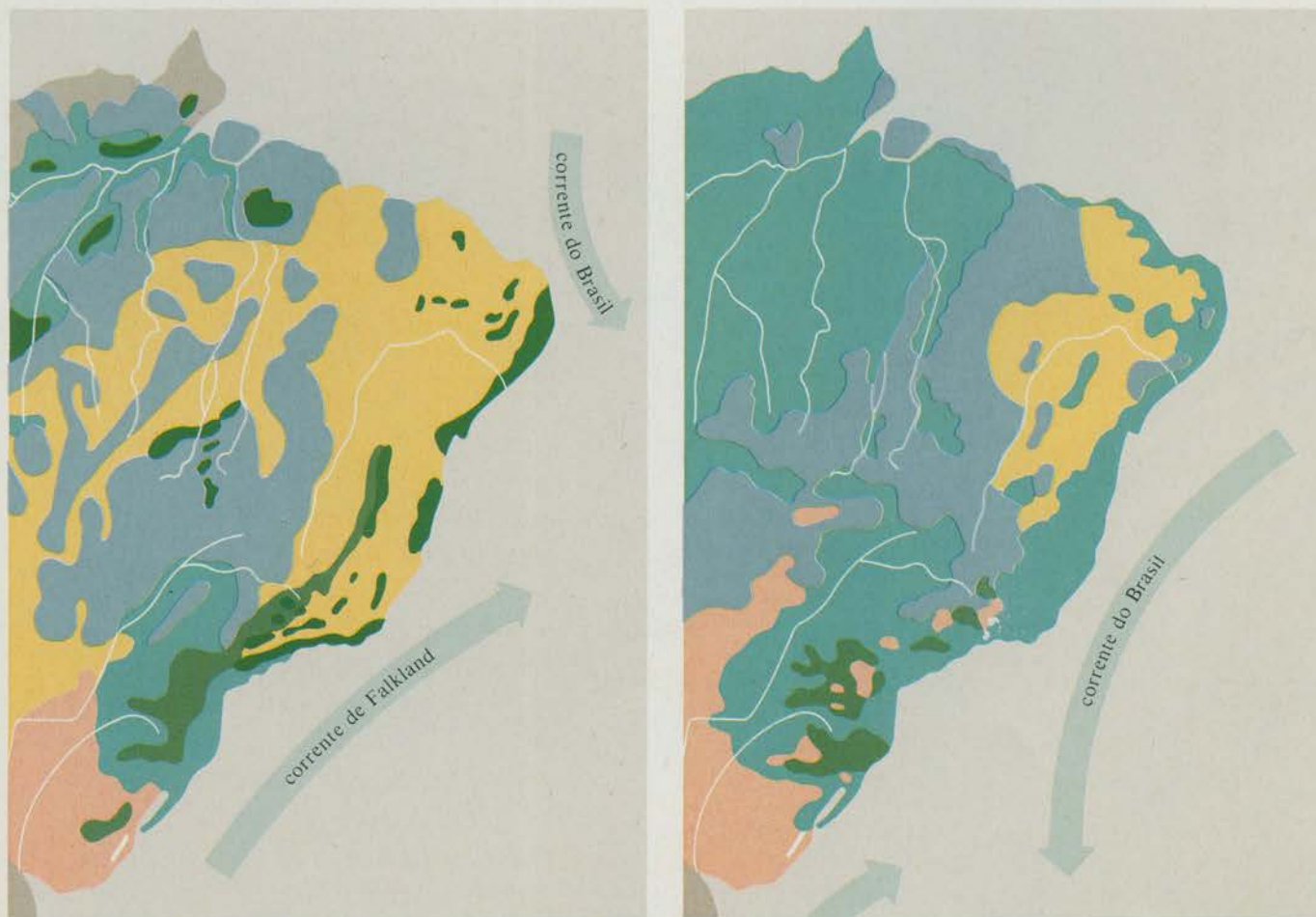


Fig. 1. Entre o Pleistoceno (à esquerda) e o Holoceno (à direita), modificou-se a distribuição da vegetação em nosso território. Expandiram-se as florestas (■) e o cerrado (■) e retraíram-se a caatinga (■), estepes e campos (■) e os pinheirais (■).





Entre os artefatos de pedra lascada encontrados, destacam-se pequenas lâminas unifaciais bem retocadas, que esses povos deveriam usar com cabos semelhantes aos das nossas facas, para raspar, amaciar, cortar e furar peles, especialmente de veado, com o objetivo de transformá-las em abrigos ou bolsas. Dos ossos longos deste animal também faziam espátulas de várias aplicações. Curiosamente, eles não usavam pontas de projéteis em pedra (embora as conhecessem, uma vez que exemplares isolados foram encontrados) ou osso. As pontas de seus dardos talvez fossem de madeira, mas é possível que, para caçar, usassem de preferência porretes ou outras armas. Entre os restos deixados por esses povos tampouco foram encontrados vestígios de ossos dos animais extintos com o término da era glacial. Essa ausência, bem como a das pontas de projéteis, intrigou os arqueólogos que estudaram as áreas mais frias da

**Fig. 2.** Serranópolis (GO) em 1975, quando as pesquisas começaram. Embaixo, o maior abrigo da região, com 1.300 m<sup>2</sup> cobertos. Sua primeira ocupação data de 8.500 anos a.C.

**V**egetação característica do Brasil central, o cerrado é fértil em sítios arqueológicos do Holoceno antigo. Muitos foram datados com base nos testes de carbono-14, outros por comparação (ver 'Os métodos de datação', em *Ciência Hoje* nº 19, p. 39). Grande número de institutos de pesquisa atua ali. As informações básicas vêm de Serranópolis, sudoeste de Goiás, onde, durante anos, o Programa Arqueológico de Goiás trabalhou em 45 abrigos muito ricos em vestígios pré-históricos (figura 2). Na proximidade do rio Verdinho existe uma confluência favorável de matas, cerrados e campos altos, com grande abundância de frutas e de caça média e pequena (veados, capivaras, cachorros-do-mato, pacas, tatus, emas, tartarugas, lagartos, moluscos terrestres, pequenos peixes e abelhas produtoras de mel).

Os arenitos silicificados, que formam camadas entre o arenito Botucatu e o basalto da formação Serra Geral, dão origem a enormes abrigos limpos, iluminados e aquecidos pelo Sol, onde populações poderiam morar durante todo o ano. São muito úteis no inverno seco e frio, porém mais ainda no verão extremamente chuvoso. As mesmas lajes da cobertura oferecem enorme quantidade de matéria-prima, adequada à produção de artefatos lascados.

As primeiras instalações humanas nessa área datam de 8800 a.C. Os espessos níveis de cinza, originários das fogueiras antigas, não sofrem interrupção até cerca de quatro mil a.C., o que indica ter sido o espaço habitualmente ocupado ou freqüentemente visitado. Entre a primeira data e 6500



a.C., os numerosíssimos restos de alimentos misturados às cinzas demonstram que esses povos eram constituídos de caçadores, que se alimentavam sobretudo de veados, tatus e lagartos. Numa segunda etapa eles se acostumaram a comer várias espécies de moluscos terrestres, abundantes ao longo dos paredões úmidos e cobertos de mata. Os variados frutos do cerrado também poderiam desempenhar importante papel em sua dieta.

América, onde tanto uns como outros são comuns em sítios da mesma idade. Eles começaram então a imaginar que o homem das savanas tropicais teria desenvolvido estratégias de sobrevivência diferentes das de seus irmãos de áreas temperadas e frias.

Os abrigos que foram habitados estão decorados com pinturas e gravuras. Sua nitidez e profusão é maior naqueles que foram ocupados por mais tempo. As pinturas, feitas sobre partes planas e duras das



paredes com pigmentos minerais em que a cor vermelha predomina, combinam elementos geométricos com representações de animais. Estes são desenhados em posição estática e apenas justapostos, sem que se expressem verdadeiras cenas. Muito comuns são as aves paradas ou com asas abertas, lagartos e mamíferos como tatus e onças. Raramente aparece a figura humana. As partes moles do arenito costumam estar cobertas com gravações simples, feitas por raspagem, onde se vêem pisadas de aves e pegadas humanas. Provavelmente essa decoração não foi toda ela produzida pelos homens antigos: os desenhos foram se somando ao longo de milênios, até a chegada do homem branco (figura 3).

O cerrado é uma vegetação persistente, que se mantém em um tipo de solo, de temperatura e de regime de chuvas. Ocupa a maior parte do Centro-Oeste e partes do Nordeste do Brasil. Acredita-se que, até o começo do Holoceno, precedeu a floresta amazônica em grandes extensões em que esta predomina atualmente. Abriga um tipo característico de fauna, abundante e variada. As pesquisas arqueológicas mostram que o cerrado também foi ocupado por um só tipo de cultura humana após o término da glaciação. Essa coincidência não é estranha: depois que o homem consegue adaptar-se num lugar, facilmente estende essa experiência a outros que apresentem as mesmas características. Até mesmo em pequenos enclaves de cerrado, ou em vegetação equivalente, encontram-se hoje as marcas da mesma cultura.

Essa é a base ambiental de um horizonte cultural que surgiu ao redor de nove mil a.C. e persistiu até 6500 a.C., sendo denominado pelos arqueólogos 'tradição Itaparica', em referência ao lugar, entre Pernambuco e Bahia, onde foi identificado pela primeira vez. Hoje conhecemos numerosos sítios desse horizonte cultural num raio de pelo menos mil quilômetros, que abrange todo o estado de Goiás, o norte de Mato Grosso do Sul, o sul de Mato Grosso, o oeste de Minas Gerais, o sudoeste da Bahia, o sudeste do Piauí e o leste de Pernambuco. As datas iniciais costumam recuar até o nono milênio a.C., mas não se percebe nem onde nem quando essa construção cultural foi inaugurada. Datas anteriores, no Piauí, Bahia e Mato Grosso (Abrigo do Sol), talvez indiquem essa origem, mas até agora não foram comprovadas as conexões entre essas datas pleistocênicas e a primeira cultura holocênica. É impossível também considerar que a 'tradição Itaparica' tenha vindo de fora do que é hoje o Brasil, pois, sendo única na América do Sul, deve ter surgido aqui.

A notável continuidade na ocupação territorial leva-nos a concluir que houve de fa-

to um crescimento demográfico, acompanhado da formação de novos grupos, não sendo a multiplicação dos locais meramente resultado da correria, pelo território inteiro, de um ou dois bandos instáveis. Permanências longas foram confirmadas por numerosas datações feitas com carbono-14, entre elas Serranópolis, onde num espaço relativamente pequeno concentram-se todos os recursos necessários à sobrevivência de um grupo caçador e coletor. Supomos que em áreas mais pobres os espaços percorridos deveriam ser maiores e os grupos humanos, talvez mais reduzidos.

Com relação à organização e densidade desses grupos, só podemos trabalhar com analogias. Caçadores, como os desse período, costumavam viver em pequenos bandos com até 50 indivíduos, entre adultos e crianças, sem nenhuma chefia. As famílias se juntavam ou se separavam de acordo com a maior ou menor possibilidade de abastecimento. No cerrado, a época de fatura é o tempo da chuva, quando apare-

Fig. 3. As quatro fotos registram pinturas rupestres em Serranópolis.



fotos cedidas pelo autor



cem lagartos e moluscos e a vegetação se cobre de frutos que alimentam o homem e engordam a caça. Tempo de escassez são os seis meses de seca: os frutos são raros, a caça está magra e muitos animais hibernam. Esse ritmo natural deveria condicionar o calendário do homem: no tempo de fartura, a reunião do bando, ou de vários bandos, para a festa e o convívio. Grandes abrigos agrupados que estudamos em Serranópolis e em áreas de Mato Grosso do Sul, com milhares de metros quadrados cobertos, certamente eram lugares onde diversos bandos podiam reunir-se durante o tempo das chuvas, sem que lhes faltassem

**B**em diferente foi a população que ocupou os campos subtropicais do sul do Brasil. Embora também caçadora e coletora, usava instrumentos distintos nessas atividades. As datas mais antigas a comprovar sua presença são ainda do Pleistoceno e recuam até aproximadamente 11 mil a.C. Naquele tempo o ambiente devia ser muito árido e frio, os rios continham pouca água e os animais agigantados ainda sobreviviam nos campos ondulados do atual estado do Rio Grande do Sul. Apesar da vegetação mais reduzida, a paisagem não devia ser muito diferente do que é hoje, com estepes intercaladas de es-

treitos bosques ribeirinhos e árvores agrupadas em lugares de maior umidade. O planalto e outros pontos mais elevados, como as serras do Sudeste, eram certamente cobertos de pinheiros. Pouca mata subtropical devia persistir na encosta, ao longo dos rios. Com o término da era glacial essa mata se adensou, crescendo nas encostas do planalto e formando a floresta atlântica nos flancos da Serra do Mar.

As primeiras instalações humanas encontram-se ao longo do rio Uruguai, no sudoeste do Rio Grande do Sul, onde, entre 11 mil e 6500 a.C., temos uma sucessão de acampamentos para serem utilizados rapidamente durante a caçada, embora menos abastecidos de frutas que os do cerrado. Não queremos dizer que não existissem frutas: nos terrenos altos, a exploração dos pinheirais, cujos frutos amadurecem no outono, proporcionaria uma fartíssima colheita durante meses. E os frutos dispersos nos campos poderiam também suprir necessidades de açúcar.

Os artefatos básicos não mudaram através dos milênios, até a chegada das populações indígenas que já incorporavam no seu patrimônio o cultivo de pequenas roças ou hortas. No sul também se constituem basicamente de projéteis que poderiam ser usados como dardos, flechas ou lanças, mas suas pontas são de pedra cuidadosamente lascada (figura 4). Encontramos ainda um número variado de raspadores, também de pedra lascada, necessários para o beneficiamento de peles e a preparação de instrumentos de madeira.

Não deveria ser agradável permanecer nos campos varridos pelos ventos frios do sul, mas é ali que os raros e dispersos acam-

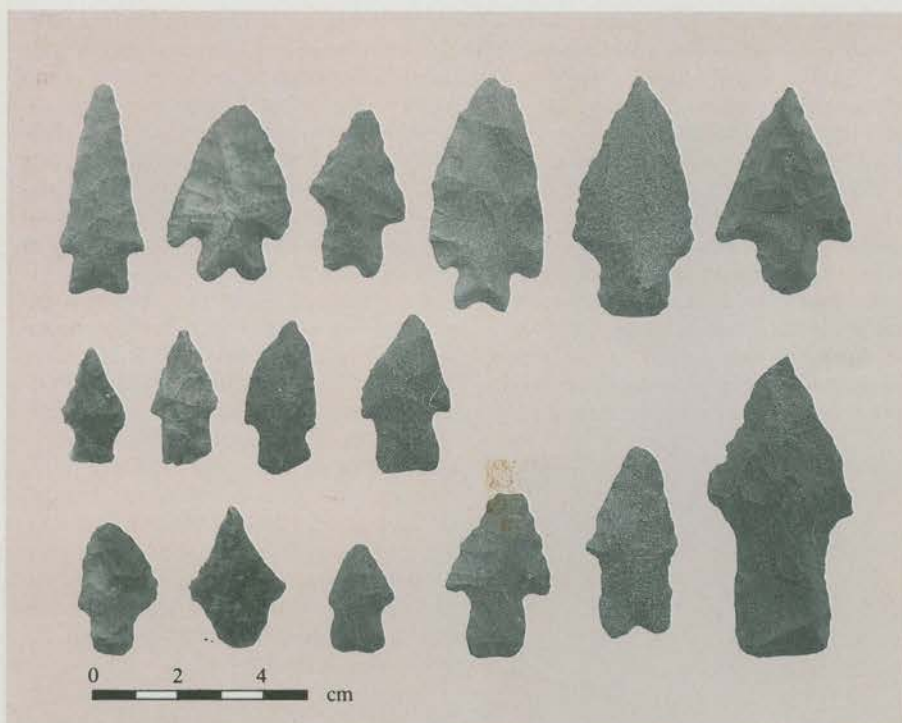


alimentos. No tempo da seca, ao contrário, os bandos eram forçados a se dispersar, e as famílias deviam procurar individualmente os alimentos escassos. O tempo quente e seco lhes permitia acampar ao relento, com a proteção dos abrigos rochosos. Por enquanto, esses movimentos ainda são concebidos como hipóteses, mas, em nossa opinião, eles não demorarão a ser comprovados.

Seria interessante saber qual a população do cerrado em meados do período. Nas áreas até agora estudadas existiram diversos bandos simultâneos, cada um explorando amplos espaços, quando possível ao redor de um lugar mais rico e abrigado que serviria de acampamento de convívio (no tempo de chuva) e de proteção (no tempo de seca). Se nossa suposição for correta, deveria haver, no espaço estudado, uma população de mil a dois mil indivíduos. Essa população cresceu, na medida em que novos recursos apareceram e nichos diferentes foram explorados a partir de novas tecnologias.







to numerosos, mas nota-se que se multiplicaram até ocupar todas as matas subtropicais e parte das tropicais. Os arqueólogos os denominam 'tradição Humaitá' (figura 5). Eles persistem até a chegada dos horticultores, um pouco depois do começo da era cristã.

A mata atlântica não parece ter sido povoada muito cedo. O homem antigo tinha poucos recursos para adaptar-se a um ambiente muito fechado, úmido e inclinado. Diante disso, causaram surpresa as datações de oito mil a.C. assinaladas no vale da Ribeira (SP), onde populações viveram à beira do rio, alimentando-se de moluscos e caça, à semelhança de outros grupos mais tardios das florestas subtropicais. O uso de moluscos na alimentação e uma certa proximidade do litoral são dados que nos induzem a fazer uma aproximação entre esses sítios e aqueles usados pelos coletores de moluscos marinhos, cujo desenvolvimento começa em torno de quatro mil a.C.

Fig. 4. Pontas de instrumentos em pedra lascada, características da tradição Umu.

pamentos desses grupos são geralmente encontrados. Só mais tarde, entre quatro mil e dois mil a.C., quando a temperatura se tornou muito mais elevada e as chuvas mais abundantes, vamos encontrar centenas de abrigos habitados ao longo da encosta. À medida que a temperatura e as chuvas passavam a apresentar índices mais semelhantes aos dos nossos dias, a população — certamente em crescimento — voltava aos campos, explorando agora, de preferência, as áreas alagadiças que beiravam as lagoas, banhados e rios. Ali a caça e a pesca eram mais fartas que em qualquer outro lugar, embora fosse preciso levantar aterros para fugir da umidade.

Populações como essas, que os arqueólogos reconhecem como 'tradição Umu', não nasceram no sul do Brasil nem são exclusivas dessa região: todas as áreas abertas do Cone Sul da América apresentam adaptações semelhantes, cujas datas mais antigas coincidem com as encontradas no Rio Grande do Sul.

Os matos subtropicais, no final da glaciação, deveriam ter área muito reduzida. Eles cresceram em virtude do aquecimento geral do ambiente, verificado no começo do Holoceno. Não está clara a época em que o homem começou a explorar esse novo ambiente, porém é certo que isso ocorreu muito depois da ocupação dos campos. A mata oferece recursos de caça e de frutos, mas exige novas estratégias de sobrevivência. Aparentemente, o homem criou a partir das estratégias usadas para a caça nas áreas abertas.

Os acampamentos mais antigos, à beira dos rios Uruguai e Paranapanema, não da-

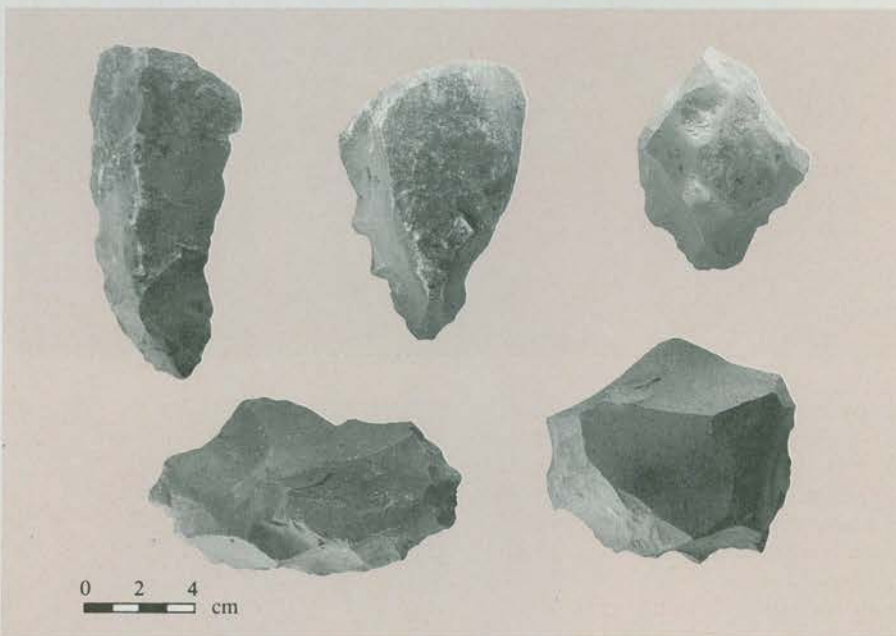


Fig. 5. Artefatos típicos da tradição Humaitá, ativa até o começo da era cristã.

tam de mais de seis mil a.C. Na margem do Uruguai são meros lugares de fogueiras e há poucos vestígios de artefatos. A margem do Paranapanema é mais rica nesses materiais. À medida que a floresta se expande ao longo dos rios maiores e na encosta, os lugares de acampamentos se multiplicam. Eles são encontrados no meio do mato, embaixo das árvores, e muito raramente têm apoio nos pequenos abrigos rochosos. Eram acampamentos pouco duradouros, aparentemente usados como pontos de bandos móveis, que aprenderam a explorar a floresta e os rios. Não são mui-

Os coletores de moluscos são as populações mais conhecidas da pré-história do Brasil. Muitos leitores terão visto sambaquis, tão comuns no litoral brasileiro entre Cabo Frio, no Rio de Janeiro, e Tramandaí, no Rio Grande do Sul (ver 'Sambaquis na pré-história do Brasil', em *Ciência Hoje* nº 33). Eles podem ser relativamente rasos, com apenas alguns metros de altura, ou formar verdadeiros morros com mais de 30 metros de altura e algumas centenas de metros de extensão (figura 6). Atentamente observados, mostram-se formados de camadas sobrepostas



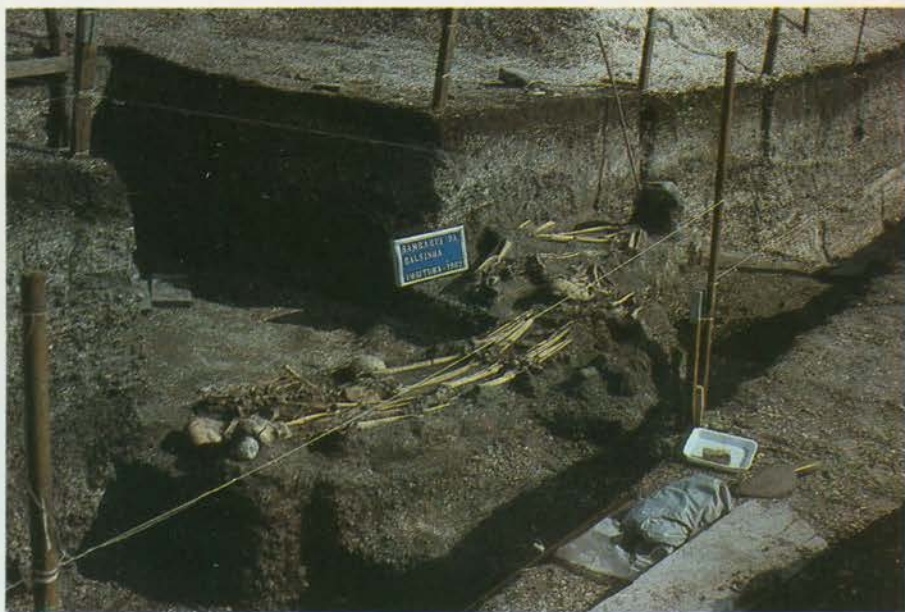


Fig. 6. O grande sambaqui de Carniça (Laguna, SC) sendo destruído, em 1958. Hoje nada sobra dele.

Fig. 7. Ao lado, o sambaqui da Balsina II (Imbituba, SC), que teve ocupação ocasional.

de conchas ou ossos de peixes, separados por níveis, ou lentes, de carvão. Em alguns há grande número de esqueletos. Artefatos de pedra, osso ou concha estão espalhados no meio do lixo. É isso que eles são: imensas lixeiras resultantes de acampamentos humanos, de populações indígenas, que se especializaram na coleta de moluscos e na pesca lacustre ou marinha. Eles se estabeleceram ali onde os recursos eram mais abundantes: à beira de lagoas, lagunas, mangues, pântanos ou baías, mais raramente nas restingas junto a praias retilíneas de mar aberto. Os mais antigos parecem ter insistido sobretudo na coleta de moluscos; os mais modernos utilizavam intensamente a pesca e a coleta de outros animais marinhos. Certamente recolhiam frutos, mas raramente parecem ter caçado mamíferos terrestres.

Acredita-se que o sambaqui surgiu e cresceu espontaneamente do lixo acumulado no acampamento. Um pequeno grupo de pessoas teria permanecido no local, levantando abrigos temporários, feito as fogueiras necessárias para preparar os alimentos e esquentar o frio e os insetos, confeccionado



artefatos com as matérias-primas locais (pedra, osso, madeira, peles), enterrado no mesmo chão os corpos dos companheiros eventualmente falecidos. Nos locais onde os recursos fossem abundantes e renováveis, esta ocupação seria até certo ponto estável e suficiente para algumas dezenas de indivíduos. Assim, no decorrer dos séculos, haveria um grande monte de detritos.

Onde os recursos fossem menos abundantes, a ocupação seria ocasional, e com o tempo se formaria um sambaqui de dimensões menores (figura 7).

Já houve quem, sem base adequada, considerasse os sambaquis como montículos de sepultamento ou mesmo pirâmides primitivas. De fato, sob um dos maiores sambaquis da região de Laguna (SC) foi en-



contrado um sarcófago de argila seca, com tampa do mesmo material coberta por um desenho vermelho, de traçado simples. Todos os sambaquis contêm sepultamentos, às vezes numerosos e bem conservados, o que permite realizar estudos da biologia, saúde e mortalidade daqueles povos. Os corpos eram enterrados de acordo com rituais padronizados: alguns estendidos, outros dobrados, muitas vezes envoltos em ocre e acompanhados de enfeites (colares de conchas, dentes, ossos trabalhados ou tembetás), de artefatos (lâminas de machados, quebra-cocos ou percutores) e de esculturas em pedra que os arqueólogos denominam zoólitos. Estas, medindo no máximo 30 centímetros, costumam representar animais e, mais raramente, homens. No meio de um instrumental muito simples, cuja elaboração exigia pouco trabalho, elas se destacam por sua concepção artística e refinado acabamento.

A adaptação ao litoral parece ter sido um dos modos de vida mais bem-sucedidos e estáveis, pois estendeu-se por mais de quatro mil anos e — mais do que a caça e a coleta nos campos, cerrados e matas do interior — garantiu a sobrevivência de uma população numerosa. Por isso os sítios se multiplicaram aos milhares no meio do Holoceno, período em que a temperatura e a umidade eram altas. Foi exatamente este clima quente e úmido o responsável pela geração, no estreito espaço entre a praia e o dorso da Serra do Mar, de recursos abundantes e permanentemente renovados, que requeriam estratégias simples para seu aproveitamento. Se foram grupos interioranos, pressionados pelo crescimento da mata e conseqüente diminuição de alimentos, ou habitantes da plataforma marinha, empurrados pela subida do mar, que deram origem a esse modo de vida, ainda não ficou esclarecido. As populações que se especializaram na utilização desses recursos devem ser consideradas auto-suficientes, pois não tinham necessidade de migrações constantes entre a costa e o planalto. A cultura dos sambaquianos foi desaparecendo diante desses modos de vida mais modernos que surgiram no interior e populações que manejavam algum tipo de cultivo se apossaram do litoral, matando, expulsando ou modernizando os ocupantes iniciais.

Como se vê, já podemos fazer ao menos um esboço de nossa história antiga (figura 8). Até a etapa pesquisada, todo o nosso território — à exceção da floresta amazônica — já se encontrava povoado por bandos móveis e pouco densos, dedicados à caça e à coleta, que exploravam todas as variedades de espaço possíveis. Dentro dos grandes ambientes homogêneos nascem estratégias que se difundem até os limites, sem os ultrapassar de forma notável. Essa difusão é proporcionada pelo crescimento

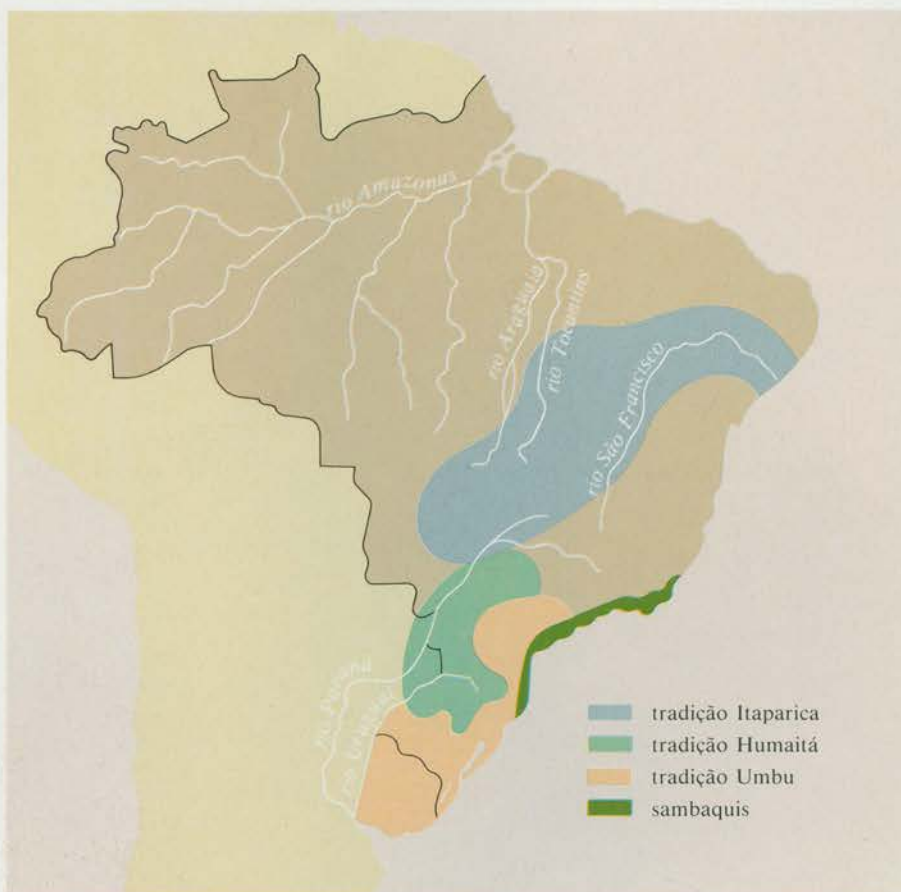


Fig. 8. Distribuição aproximada das grandes tradições culturais pré-cerâmicas que existiram no atual território brasileiro.

demográfico persistente, que não chega contudo a criar impasses ambientais. As populações não apenas sobrevivem como seres biológicos, mas também manipulam todo um mundo de representações, que hoje encontramos claramente indicado nas centenas de abrigos pintados ou gravados em uma profusão de estilos.

Nesse período geológico — o Holoceno —, de tropicalização crescente, não se registram grandes cataclismos. De quatro mil a dois mil a.C., porém, o superaquecimento, acompanhado de muita chuva e de transgressão marinha, deve ter criado imensos impasses em toda parte, levando a novas estratégias de sobrevivência, como a coleta de moluscos marinhos e outras adaptações correspondentes no interior, onde grande parte dos abrigos até então habitados deixa de ser útil aos homens.

Ao terminar esse período de altas temperaturas, ao qual se segue um esfriamento suave e uma regularização climática, as populações se encaminhavam para novos modos de subsistência. Primeiro basearam-se no abastecimento diversificado, ao qual finalmente foi acrescentado o cultivo de cereais, grãos, raízes e tubérculos, que possibilita o crescimento populacional. A partir desse momento as desigualdades se acentuaram no continente: as populações do

território brasileiro permaneceram como aldeões igualitários, na vertente do Pacífico se desenvolveram civilizações com dezenas de milhões de membros e cidades populosas, altamente estratificadas. Mas isso é outra história.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- SCHMITZ P.I., *Caçadores e coletores da pré-história do Brasil*. Instituto Anchieta de Pesquisa/UNISINOS, São Leopoldo, 1984.
- SCHMITZ P.I., BARBOSA A.S., RIBEIRO M.B., 'Temas de arqueologia brasileira I: O paleoíndio'. *Anuário de Divulgação Científica*, vol. 5, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 1981.
- AB'SÁBER A.N., 'Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários'. *Paleoclimas* 3, Instituto de Geografia/USP, São Paulo, 1977.
- KERN A.A., *La pré-céramique du plateau sud-brésilien*. Tese de doutorado à École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, 1987.
- GUIDON N., 'Reflexões sobre o povoamento da América'. *Dédalo* n° 23, Museu de Arqueologia e Etnologia/USP, São Paulo, 1984.
- LUMLEY H. de et alii, 'Découvertes d'outils taillés associés à des faunes du Pléistocène moyen dans la Toca da Esperança, État de Bahia, Brésil'. *Académie des Sciences*, Paris, 1988.





L. C. MARIGO

## RHOPORNIS ARDESIACA, A AVE QUE SE ESCONDE

*Rhopornis ardesiaca* alimenta-se de pequenos gafanhotos e outros artrópodes que encontra nas formações terrestres de bromélias (*Aechmea* sp) da mata-de-cipó, nos galhos baixos e no chão, que percorre saltitando rápida e silenciosamente, enquanto revira as folhas caídas para capturar suas presas. Seu canto assemelha-se ao de *Pyri-glena leucoptera*, outro formicariídeo que ocorre na região, e pode ser ouvido à distância de centenas de metros, sobretudo nas primeiras horas da manhã. O território de um casal tem aproximadamente 50 m de diâmetro, mas é separado do de outro casal pelo dobro dessa distância ou mais.

Em 1928, *Rhopornis ardesiaca* foi redescoberta por Emil Kaempfer, coletor do Museu Americano de História Natural, em Boa Nova, onde foi estudada em dezembro de 1974 pelo ornitólogo norte-americano Edwin Willis e sua esposa Yoshika Oniki, radicados em Rio Claro (SP). No ano seguinte, Willis comunicou suas observações ao organizador do 'Livro vermelho das aves ameaçadas de extinção', do Conselho Internacional para a Preservação das Aves e da União Internacional para a Conservação da Natureza. Desde então, diversas excursões têm sido feitas à limitada área de ocorrência do papa-formigas-do-gravatá, que abrange principalmente os municípios baianos de Boa Nova e Jequié. As primeiras notas sobre a espécie foram publicadas por Willis e Oniki em 1981.

O acelerado processo de destruição de seu habitat, com o desmatamento para criação de gado e agricultura, é fator preocupante para a conservação da espécie, em vista da dificuldade ou mesmo impossibilidade de que ela venha a se adaptar a novo ambiente. "O importante", diz Carlos Eduardo, "é constatar que localmente a ave é comum, ou seja, não é rara onde ocorre". Não existem hoje dados precisos sobre sua distribuição nem sobre o estado das matas onde vive. Mas é urgente e fundamental realizar essas pesquisas e delimitar uma área de conservação para preservar o pássaro e seu ambiente, de modo que o gravatazeiro continue sua evolução.

A criação de uma área de preservação ambiental, ou, melhor ainda, de uma estação ecológica ou reserva biológica nos municípios frequentados por *Rhopornis ardesiaca* é uma reivindicação de conservacionistas e ornitólogos, reforçada ainda pela ocorrência de, pelo menos, mais um en-

demismo brasileiro da família Formicariidae: *Formicivora iheringi*.

A família Formicariidae é a segunda mais numerosa em espécies de aves na América do Sul, ocorrendo desde o México até o norte da Argentina. Na sua maior parte é formada por espécies de mata fechada, o que as caracteriza como 'aves de segredo', de difícil acesso para estudo e observação. Não são dadas a grandes vôos. Ocupam de preferência os estratos médios e baixos das florestas, e com frequência percorrem o chão das matas, saltitando em busca do alimento, que varia de insetos a lagartixas, ratinhos, pequenas cobras, filhotes de pássaros e rãs, ou sementes, a depender da espécie.

O nome papa-formigas é comum a vários formicariídeos e deriva, segundo Sick, "do fato de certas espécies (relativamente poucas) aproveitarem-se das manobras das coortes de formigas-de-correição, que servem de 'batedores', levantando presas" (ver 'Na trilha das formigas carnívoras', em *Ciência Hoje* nº 47). Na realidade, elas não se alimentam das formigas, mas da profusão de insetos e outros artrópodes que fervilham na floresta e são espantados pelas correições. Paradoxalmente, apesar de *Rhopornis ardesiaca* ser denominada às vezes de papa-formiga-do-gravatá, essa ave não foi observada seguindo os exércitos de formigas-de-correição.

A preservação dos endemismos encontrados nas matas-de-cipó significa a sobrevivência de um ramo importante da vida, cuja única manifestação específica (no caso, espécies da família Formicariidae) data, segundo dados levantados pela paleontologia, de há pelo menos 20 mil anos, no Pleistoceno Superior, conforme fóssil encontrado em Minas Gerais. Em Boa Nova e Jequié ocorrem em vários biótopos mais de 11 espécies dessa interessante família de aves! E no mais, como diz Carlos Eduardo, "se existem dois passarinhos restritos àquela região, quem pode afirmar que não existam outros grupos zoológicos ameaçados, que poderiam também ser preservados com a criação de uma reserva ecológica?" Fica a proposta para o órgão responsável, o Ibama.

CARLOS RIBEIRO  
JORNALISTA, SALVADOR

Observar um dos mais interessantes pássaros brasileiros, o formicariídeo denominado às vezes papa-formigas-do-gravatá ou gravatazeiro, de nome científico *Rhopornis ardesiaca*, foi o principal objetivo da viagem feita pelo fotógrafo Luiz Claudio Marigo e pelo ornitólogo amador Carlos Eduardo de Souza Carvalho (ambos do Clube de Observadores de Aves do Rio de Janeiro) ao município de Boa Nova, na Bahia. Seguindo a orientação dos observadores Paulo Sérgio Moreira da Fonseca e José Fernando Pacheco, que visitaram a região pouco antes, eles conseguiram finalmente um dos poucos registros fotográficos dessa ave, feito que arrancou exclamações entusiasmadas do professor Helmut Sick, uma das maiores autoridades em ornitologia no mundo.

E não era para menos: considerada uma espécie difícil de ser encontrada, *Rhopornis ardesiaca* permanece ainda hoje, desde que foi descrita pelo príncipe Maximiliano von Wied-Neuwied, em 1831, com seus hábitos pouco conhecidos. Habitante de matas baixas e fechadas, é ave discreta, própria das áreas de sombra ricas em bromélias terrícolas e arborícolas, cujas flores são visitadas regularmente pelo beija-flor *Chrysolampis mosquitus* (ver Helmut Sick, *Ornitologia Brasileira*, v. II). Marigo assinala as dificuldades encontradas para fotografar a espécie: "O gravatazeiro vive nessa região de brenha cheia de cipós, de trepadeiras, gravetos, arbustos e galhos sempre na frente da câmera! Nós atraímos a ave com o gravador, reproduzindo a sua própria voz que havíamos gravado antes. Embora ela se aproximasse, não conseguimos vê-la a três e até a um metro de distância! Em quatro dias só consegui fazer seis fotos, sendo que apenas uma pôde ser aproveitada."



## SERPENTES NA SELVA DE PEDRA

A possibilidade de topar com um índio, uma onça, um macaco ou uma serpente na rua fazia parte de uma imagem das cidades brasileiras muito difundida na Europa, anos atrás. Sobre onças e macacos, não sabemos, mas que não é difícil encontrar serpentes em São Paulo — a maior cidade do país (e da América do Sul) —, disso temos certeza. Nos anos de 1988-89, recebemos no Instituto Butantan nada menos de 309 exemplares de serpentes encontrados por paulistanos, distribuídos em 26 espécies, cuja lista pode ser vista na figura 1.

São Paulo é uma megalópole cujo crescimento desordenado vem ocasionando

mudanças ambientais drásticas. Ainda assim, sobrevivem na região urbana elementos da fauna nativa, como a andorinha, o bem-te-vi e o urubu, que o paulistano conhece bem. Menos conhecidos são os morcegos, o gambá e alguns répteis. Entre estes, estão diversas espécies de serpentes que, ocasionalmente, se tornam uma ameaça à saúde pública.

Bosques, terrenos baldios, faixas marginais a rios e sistemas viários (figura 2) são alguns dos ambientes que, formando 'ilhas' dentro da região urbana, oferecem abrigo e alimento às serpentes.

Nos jardins e quintais, prolifera a pequena e inofensiva cobra-cega (*Liotyphlops beui*), por vezes confundida com a minhoca (figura 3). Amplamente distribuída pela região, chega a 20 cm de comprimento e alimenta-se de insetos. É subterrânea, aparecendo à superfície em épocas de chuva ou por ocasião de escavações de solo. Outra serpente semi-subterrânea (fossória) comum em S. Paulo é *Atractus reticulatus*.

A dormideira (*Sibynomorphus mikanii*) é uma serpente terrestre e noturna, que se alimenta de moluscos (lesmas). Comum em terrenos baldios, quintais e bosques, correspondeu a 18% do total de serpentes capturadas (57 indivíduos), uma das mais altas frequências que registramos em dois anos de estudo. Frequência semelhante teve a cobra-coral *Oxyrhopus guibei*, também terrestre e noturna, mas que se alimenta sobretudo de ratos (figura 4). Sua coloração vistosa, que chama a atenção, pode ter sido, juntamente com seu comportamento dócil, responsável pelo alto número de indivíduos capturados.

Os ratos — um dos problemas sérios do ambiente urbano — servem de alimento à jararaca (*Bothrops jararaca*). Serpente peçonhenta (como a coral e a cascavel), com hábitos terrestres e noturnos, na capital a jararaca parece estar restrita às áreas remanescentes de matas (figura 5). Essa espécie pode causar acidentes ofídicos, mas sua incidência na região urbana é menor que nas áreas rurais adjacentes. A nosso ver isso ocorre porque, na região rural, as atividades agrícolas tornam maiores as probabilidades de encontrar a jararaca.

FIGURA 1

### ESPÉCIES DE SERPENTES CAPTURADAS EM SÃO PAULO (1988-89)

#### ANOMALEPIDIDAE

*Liotyphlops beui* cobra-cega

#### COLUBRIDAE

|                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| <i>Apostolepis assimilis</i>     | sem nome popular           |
| <i>Atractus reticulatus</i>      | sem nome popular           |
| <i>Chironius bicarinatus</i>     | cobra-cipó                 |
| <i>Erythrolamprus aesculapii</i> | cobra-coral, coral         |
| <i>Helicops modestus</i>         | cobra d'água               |
| <i>Liophis almadensis</i>        | jararaquinha-do-campo      |
| <i>Liophis jaegeri</i>           | jararaquinha-do-campo      |
| <i>Liophis miliaris</i>          | cobra d'água               |
| <i>Liophis poecilogyrus</i>      | cobra-de-capim             |
| <i>Liophis undulatus</i>         | sem nome popular           |
| <i>Oxyrhopus clathratus</i>      | cobra-coral, coral         |
| <i>Oxyrhopus guibei</i>          | cobra-coral, coral         |
| <i>Philodryas olfersii</i>       | cobra-verde, cobra-cipó    |
| <i>Philodryas patagoniensis</i>  | parelheira                 |
| <i>Sibynomorphus mikanii</i>     | dormideira, jararaquinha   |
| <i>Simphis rhinostoma</i>        | cobra-coral, coral         |
| <i>Tantilla melanocephala</i>    | sem nome popular           |
| <i>Thamnodynastes strigatus</i>  | jararaquinha, cobra-espada |
| <i>Tomodon dorsatus</i>          | cobra-espada               |
| <i>Tropidodryas striaticeps</i>  | cobra-cipó, jararaquinha   |
| <i>Waglerophis merremii</i>      | boipeva                    |
| <i>Xenodon neuwiedii</i>         | boipeva, jararaca          |

#### ELAPIDAE

*Micrurus corallinus* cobra-coral, coral

#### VIPERIDAE

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| <i>Bothrops jararaca</i> | jararaca |
| <i>Crotalus durissus</i> | cascavel |



FIGURA 2. Mesmo numa megalópole, bosques, terrenos baldios e faixas marginais a cursos de água e sistemas viários permitem a sobrevivência de serpentes.





FOTOS CEDIDAS PELOS AUTORES

FIGURA 3. A cobra-cega (*Liotyphlops beui*), pequena e inofensiva serpente subterrânea que se alimenta de insetos.



FIGURA 4. Dócil e de colorido vistoso, a cobra-coral (*Oxyrhopus guibei*) se alimenta de ratos; é espécie muito comum na cidade de São Paulo.



FIGURA 5. A peçonhenta jararaca (*Bothrops jararaca*) está restrita, em São Paulo, às áreas florestais remanescentes. O animal da foto foi causa de um acidente ofídico atendido no Butantan.

Convém lembrar que, quase sempre, as serpentes (peçonhentas ou não) procuram escapar quando perturbadas; só atacam, como forma de defesa, quando não têm outra saída. A grande maioria delas é inofensiva ao homem (embora a recíproca não seja verdadeira).

Algumas serpentes que vivem nos remanescentes de matas, na região de São Paulo, formaram apenas 3% de nossa amostra. Além de viverem em áreas menos acessíveis, têm hábitos arborícolas ou semi-arborícolas que dificultam sua descoberta. São diurnas e se alimentam sobretudo de anfíbios (rãs, pererecas) e lagartos, e entre elas estão as cobras-cipó (*Chironius bica-rinatus* e *Tropidodryas striaticeps*).

Duas serpentes aquáticas ou semi-aquáticas, que se alimentam de peixes e anfíbios, totalizaram 8% dos indivíduos trazidos ao Butantan: as cobras-d'água *Liophis miliaris* e *Helicops modestus*. Acreditamos que serpentes com esses hábitos são muito prejudicadas pela poluição aquática, que altera não só o ambiente como as populações dos animais que lhes servem de alimento.

Entre os 309 indivíduos capturados pelos paulistanos e levados ao Butantan em 1988 e 1989, parcela considerável (204) pertencia a cinco espécies de serpentes com hábitos noturnos, ou subterrâneos e fossórios, que se alimentam de roedores ou invertebrados: *Atractus reticulatus*, *Bothrops jararaca*, *Liotyphlops beui*, *Oxyrhopus guibei* e *Sibynomorphus mikanii*. Com exceção da jararaca, são serpentes com ampla distribuição, que vivem em áreas abertas, hábitos que favorecem sua sobrevivência em ambientes urbanizados. Por outro lado, as serpentes mais suscetíveis à extinção local, em São Paulo, são aquelas que vivem em ambientes florestais ou aquáticos.

Com a expansão da cidade e as consequentes alterações do ambiente, a diversidade animal, inclusive das serpentes, por certo diminuirá. Têm maiores possibilidades de permanecer, entretanto, as espécies subterrâneas e noturnas, que se alimentam de ratos e insetos, num cenário cada vez mais desolador, que faz lembrar aqueles dos contos *dark* de ficção científica.

GIUSEPPE PUERTO E  
IARA L. LAPORTA-FERREIRA  
INSTITUTO BUTANTAN

IVAN SAZIMA  
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA,  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



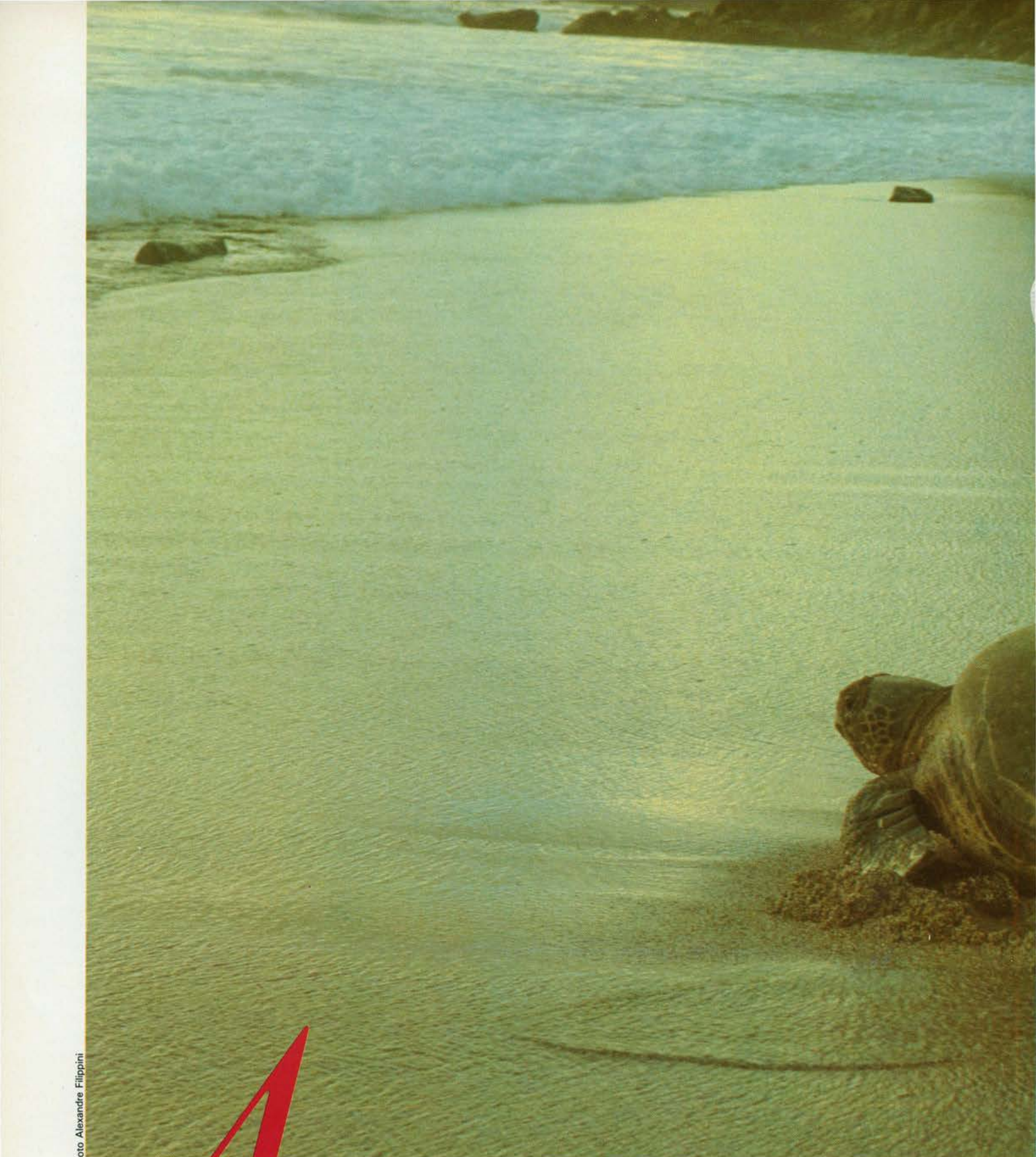
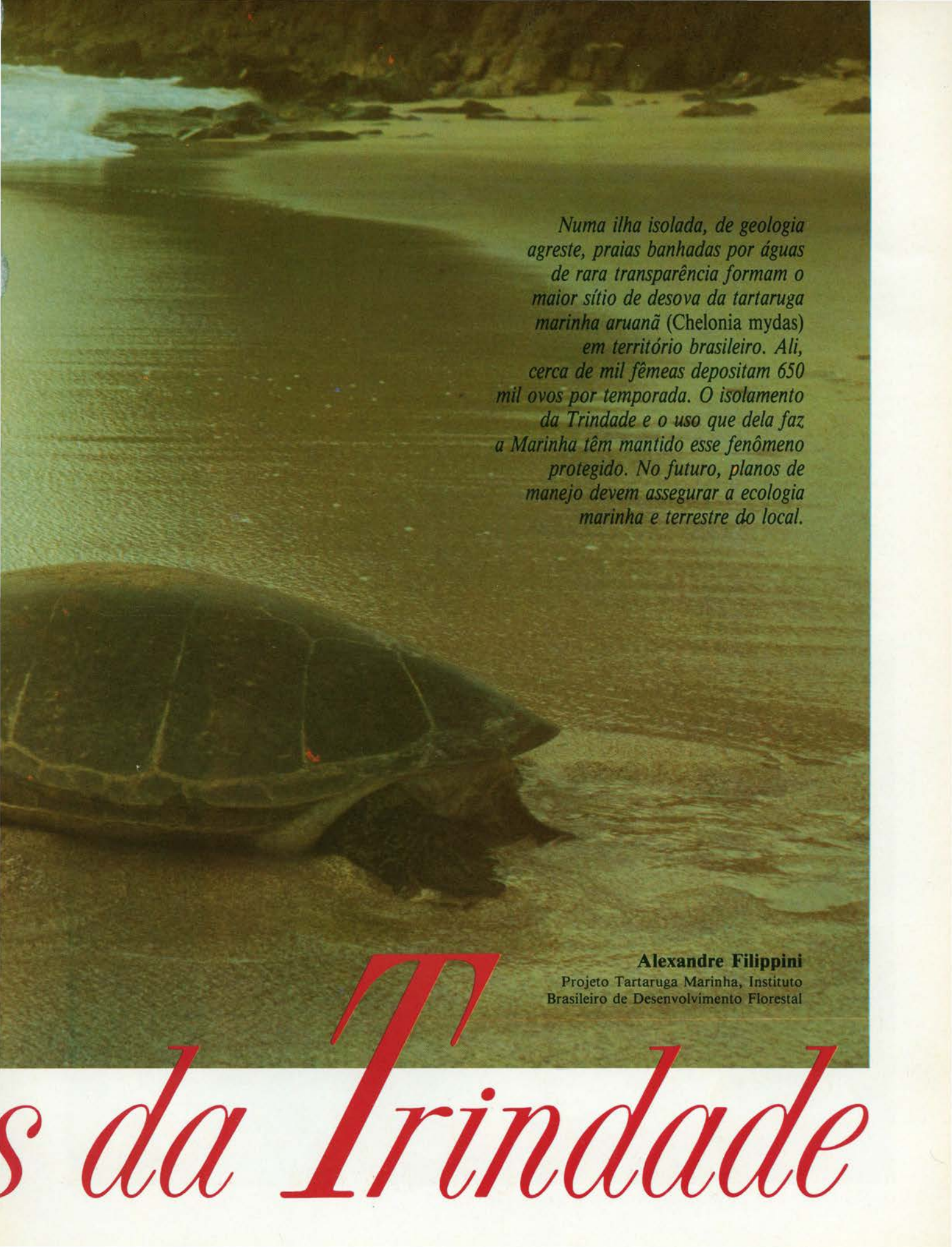


foto Alexandre Filippini

*As tartaruga.*





*Numa ilha isolada, de geologia  
agreste, praias banhadas por águas  
de rara transparência formam o  
maior sítio de desova da tartaruga  
marinha aruanã (Chelonia mydas)  
em território brasileiro. Ali,  
cerca de mil fêmeas depositam 650  
mil ovos por temporada. O isolamento  
da Trindade e o uso que dela faz  
a Marinha têm mantido esse fenômeno  
protegido. No futuro, planos de  
manejo devem assegurar a ecologia  
marinha e terrestre do local.*

**Alexandre Filippini**

Projeto Tartaruga Marinha, Instituto  
Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

*s da Trindade*



No oceano Atlântico, defronte ao estado do Espírito Santo, existe uma cadeia de *guyots* (montes submarinos cujos cumes chegam próximo à superfície) e os vulcões submarinos Vitória, Champlaine, Jaseur, Montague e Davis, que mergulham em direção à África. Os pontos culminantes desses vulcões, todos extintos, ficam submersos a poucas dezenas de metros da superfície, e na extremidade dessa cadeia de mais de 1.100 km de extensão surgem os únicos vestígios à superfície: os rochedos que formam o arquipélago de Martin Vaz e a ilha da Trindade (a 651 milhas da costa).

É na ilha da Trindade, com seus 8,5 km<sup>2</sup> e 620 m de altura (no pico do Desejado), que se encontra a maior população de tartarugas marinhas em reprodução no Brasil. São as tartarugas-verdes, *Chelonia mydas*, ou aruanãs, como são mais conhecidas no Brasil (figura 1).

As aruanãs, único réptil encontrado na ilha, desovam em cinco praias arenosas que arrematam o perfil abrupto da ilha e tocam as águas transparentes (até 40 m de visibilidade), pertencentes à corrente do Brasil (27° C e salinidade de 37 partes por mil).

Fig. 1. A ilha da Trindade, podendo-se ver sua topografia e as praias do Andrade, das Tartarugas, do Túnel e do Príncipe.



fotos Alexandre Filippini

O sol da manhã realça a grande densidade de ninhos na praia do Andrade.



Sem dúvida, além do isolamento da ilha e de sua geologia agreste, a grande quantidade de tartarugas que buscam suas praias na época da reprodução é o aspecto que mais chama a atenção. O número de aruanãs que chega à ilha durante essa época faz dela o maior sítio de desova entre as ilhas e a costa brasileira e um dos mais importantes do mundo para a espécie.

Essa conclusão foi obtida após duas viagens de pesquisa para avaliação da população e da ecologia das tartarugas *Chelonia mydas* dessa ilha, realizadas em 1983 e 1986 por pesquisadores do Projeto Tartaruga Marinha (Tamar), do Departamento de Parques Nacionais e Reservas Equivalentes do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e da Fundação Brasileira para a Conservação da Nature-

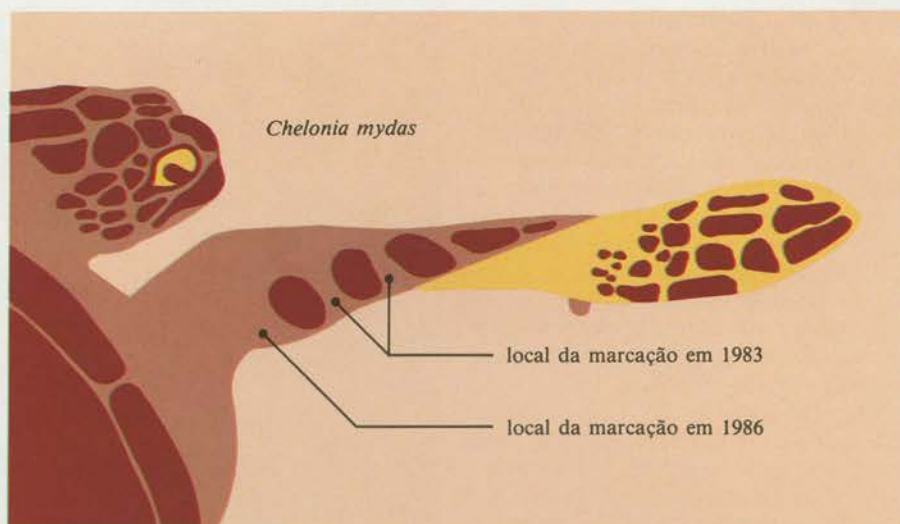


Fig. 2. Local em que as tartarugas fêmeas são marcadas pelo Projeto Tamar. Ao lado, um oceanógrafo faz a marcação de um espécime.



za (FBCN). Na área ocupada, na parte nordeste da ilha, funciona o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT), instalações que possibilitaram nossa permanência no local e onde se iniciaram os trabalhos com as tartarugas.

**D**e comportamento notívago, quando procuram as praias para desovar, a exemplo de todas as outras espécies de tartarugas marinhas, as aruanãs iniciam as posturas a partir do entardecer, quando a temperatura do ar e da areia já não lhes oferece perigo.

Na praia, cada fêmea, ao ser flagrada, era marcada com um grampo, através de um alicate especial, o que dava início aos estudos de avaliação da população. Os grampos de aço inoxidável — com as iniciais BR, identificando o Brasil como responsável pela pesquisa, um número e as

inscrições “advise Tamar: Cx 07 - 0639 Brasília - Brasil” — eram aplicados no bordo interno da nadadeira anterior direita das fêmeas (pois os machos jamais são vistos fora d’água), identificando cada animal (figura 2).

Dada a grande quantidade de tartarugas, elas eram marcadas sem estar no ato de postura, ao contrário da metodologia usada em áreas de poucos espécimes. O único cuidado durante a marcação foi o de abordar o animal quando este se encontrava no mínimo a uns 30 m de distância da água. Com esse procedimento, o tempo para marcar, assegurar que o grampo estava bem preso e fazer os apontamentos em geral era suficiente; caso contrário, assustada, a tartaruga rapidamente alcançaria a água. Em 1983 foram marcadas 381 fêmeas e em 1986, 379. Em cada ano trabalhou-se durante dois meses (de meados de dezem-

bro a meados de fevereiro de 1983 e de meados de fevereiro a meados de abril de 1986), dentro dos seis meses da temporada de desova (novembro a abril).

As pesquisas, que incluíam também a determinação do tempo de incubação, a avaliação de fecundidade, do número de desovas, de nascimentos, de predação, de mortalidade de filhotes e adultos etc., se desenvolveram nas praias do Andrade, das Tartarugas, do Túnel e do Príncipe. A praia dos Cabritos, ao norte, longe e de difícil acesso, recebeu apenas uma visita, ficando fora do programa.

Nos meses mais importantes da reprodução (janeiro e fevereiro), estima-se que em toda a ilha, numa única noite, podem emergir às praias entre cinquenta e sessenta fêmeas. Tal quantidade faz com que, ao final de cada temporada, praticamente não haja um único metro quadrado de areia que não tenha sido cavado e remexido várias vezes. A impressão que as praias do Andrade e das Tartarugas, as mais importantes, dão ao final de uma noite é a de uma paisagem lunar com novas e velhas crateras emaranhadas em tortuosos rastros. Tal atividade resulta num congestionamento de desovas, as quais são freqüentemente danificadas pela passagem de outras fêmeas durante a construção dos ninhos. Estima-se que mais de cinco mil desovas são depositadas e incubam anualmente nas areias da ilha. A uma profundidade situada entre 50 e 90 cm, cerca de 650 mil ovos dessas posturas geram embriões que necessitam, além do calor do sol, de umidade, fundamental para sua hidratação durante a fase de incubação; esta é assegurada pelos ‘pirajás’, denominação local das rápidas precipitações diárias de chuva, que duram em geral menos de cinco minutos.



**P**ara o estudo do comportamento das desovas durante o processo de incubação e a avaliação da porcentagem de eclosões e insucessos (ou perdas), nas praias das Tartarugas e do Andrade, foram localizados 45 ninhos já eclodidos. Descobriu-se que a porcentagem média de nascimentos é de quase 82% dos 135 ovos que em média uma fêmea dessa espécie põe em Trindade. Esta porcentagem se mostra excelente quando comparada com a das outras espécies que se reproduzem não apenas na costa do Brasil, como também em outras partes do mundo.

Entre os mais de 18% de insucessos (abrangendo ovos gorados, embriões mortos e natimortos), verificou-se que a quantidade de natimortos (9,91%) era maior que a de embriões mortos e ovos gorados somados, o que evidencia que a eclosão (rompimento da casca) e a busca da superfície pelos recém-nascidos são as etapas mais perigosas. Em outras palavras, morrem mais



fotos Alexandre Filippini

Acima, a aruanã cobre o ninho momentos antes de retornar ao mar. Seu trajeto é mostrado ao lado — observe-se a quantidade de rastros e ninhos mais antigos.



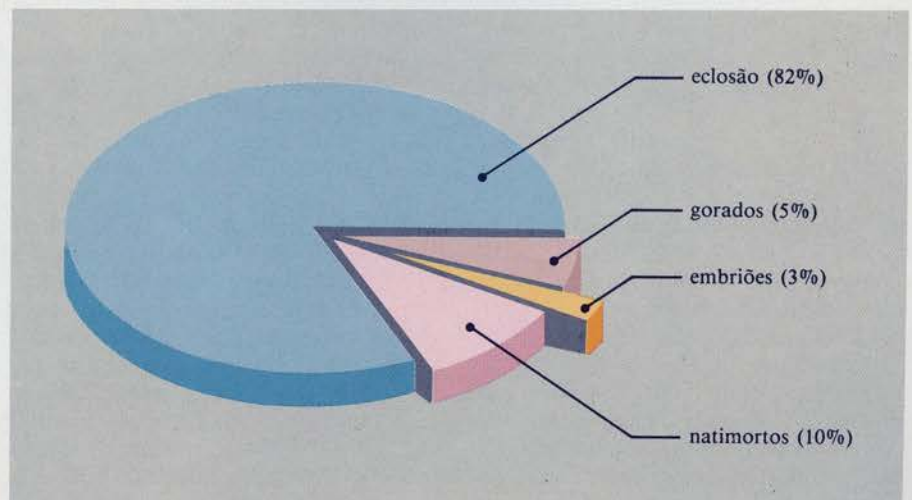
Fatores abióticos responsáveis pelas perdas são observados em desovas situadas mais próximo da superfície que o normal, em resultado da remoção da camada superficial do sedimento por outras fêmeas, quando a temperatura do mesmo aumenta e a umidade diminui. Outro fator abiótico prejudicial é a maré, que, em ninhos situados ao seu alcance, afoga recém-nascidos a caminho da superfície (levam até cinco dias para emergir). Por outro lado, a maré parece não prejudicar a incubação dos ovos, desde que sejam apenas molhados e não removidos. Observou-se, nesses casos, que a porcentagem de eclosão é acima da média.

Comprovou-se também a existência de baixas entre os adultos. Às vezes a tarta-

filhotes na eclosão e no caminho para a superfície do que em todo o processo de incubação (figura 3).

Quanto à morte de embriões (3,01%), a interpretação torna-se mais difícil, pois eles são particularmente susceptíveis a variações externas de umidade e temperatura, aos gases dissolvidos no sedimento, à granulometria e à composição da areia, bem como a fatores endógenos. Aparentemente, quanto maior o embrião, mais vulnerável se mostra em relação ao meio.

**Fig. 3.** Valores percentuais médios encontrados em Trindade para filhotes vivos, ovos gorados, embriões mortos e filhotes natimortos em 45 ninhos amostrados. Note-se a excelente porcentagem de nascimentos bem-sucedidos.





Buracos são um perigo enfrentado pelas fêmeas quando saem do mar para depositar seus ovos. Neste, haviam caído duas, que puderam ser salvadas; num buraco ao lado, foram encontrados apenas ossos.





ruça, atrasada, tentando retornar ao mar já à luz do dia, esgotada pelo esforço de construção do ninho e expulsão dos ovos, não suporta o calor do sol e da areia, vindo a morrer no meio do caminho. Encontraram-se ossos de fêmeas na praia das Tartarugas e histórias semelhantes são relatadas por militares veteranos conhecedores da ilha.

Outro fato muito curioso observado pelos pesquisadores foi que algumas fêmeas, utilizando uma minúscula praia existente no final de um túnel, tentavam, ao final da postura, alcançar o mar situado logo à frente, ao invés de retornar pelo mesmo caminho. Nesse atalho, invariavelmente caíam em buracos existentes na rocha, sucumbindo a uma armadilha da natureza, responsável por muitas mortes. Num desses buracos, duas fêmeas ainda vivas foram encontradas e posteriormente retiradas por uma equipe de salvamento da Marinha e por pesquisadores; já num outro, havia apenas ossos.

Ao lado, vista aérea da praia do Andrade e da estação meteorológica do Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade. Abaixo, a captura de um filhote de aruanã pelo caranguejo *Gecarcinus lagostoma*, na praia das Tartarugas.



Em Trindade não existem pastagens de algas, sendo a ilha unicamente uma área de reprodução para esses quelônios. A energia para a migração e a reprodução vem acumulada das ainda desconhecidas áreas de alimentação para essa população. As aruanãs, extremamente migratórias, com habilidades bem desenvolvidas de filopatria (retorno a uma região da costa ou ilha), realizam, para sua reprodução, uma média de cinco desovas efetuadas com intervalo internidal de 13 dias. Sendo assim, cada fêmea permaneceria na ilha no mínimo 52 dias sem comer. A isto soma-se ainda o tempo necessário para a migração de ida e volta entre as áreas de alimentação e a ilha da Trindade.

A ilha Ascensão — no meio do Atlântico, próximo à linha do equador — tem a população mais bem conhecida de *Chelonia mydas*, desde os estudos iniciados por Archie Carr em 1960. Exemplares ali marcados já foram encontrados nas áreas de alimentação desde Vitória (ES) até o Suriname, tanto ao sul como ao norte da mesma latitude da ilha. É provável que aconteça o mesmo com as tartarugas da Trindade, havendo, após a chegada ao litoral, um deslocamento ao norte da latitude da ilha, onde se misturariam com a população de Ascensão. A parte da população de escolha meridional para alimentação se deslocaria, possivelmente, até Santa Catarina. Tendo formação rochosa até a divisa com o Rio Grande do Sul, o litoral catarinense oferece boas áreas de pasto, embora a temperatura baixa deva agir como fator limitante. A costa gaúcha, desprovida de pastagens, pode ser considerada uma barreira natural para os adultos de *C. mydas*, exclusivamente herbívoros, o que já não ocorre com os juvenis (carnívoros no primeiro ano de vida).

Em toda a costa brasileira existe, apesar da lei de proibição, grande número de capturas, principalmente de indivíduos jovens de aruanãs, utilizados como alimento por populações litorâneas de baixa renda. Trindade, nesse caso, seria de grande importância do ponto de vista sócio-econômico, ao gerar e fornecer esses organismos ao litoral brasileiro.



Entre 49 e 54 dias após a postura (tempo de incubação observado para os ninhos em Trindade), conforme a temperatura da areia, os filhotes emergem durante a noite, procurando rapidamente o mar. É nos meses de março e abril, os seguintes ao pico das desovas, que acontecem os nascimentos em massa das tartaruguinhas. Num corrida louca pela sobrevivência, todas as noites centenas de filhotes cruzam as praias a caminho do mar.

É nesse momento que surge uma ameaça: antes mesmo que os recém-nascidos atinjam a água, duas espécies de caranguejos lhes fazem caça. O primeiro, de hábi-

Abaixo, o caranguejo *Grapsus grapsus* que vive nas pedras, à beira d'água, aguarda e preda filhotes de aruanã.

fotos Alexandre Filippini



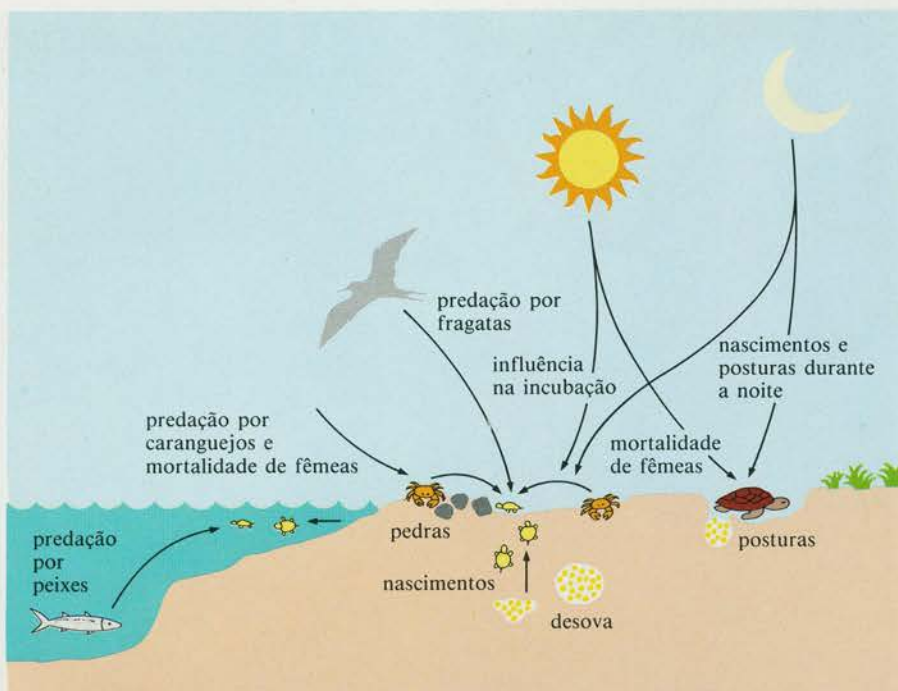
No crepúsculo e ao amanhecer, mais um perigo ameaça os filhotes, este vindo do ar: a foto mostra uma fragata aguardando sua presa numa das praias da ilha da Trindade.



tos terrestres, *Gecarcinus lagostoma*, da família dos gecarcínídeos, é o verdadeiro dono da ilha. Pode ser visto em toda parte: das praias ao pico do Desejado, a 620 m de altura. Uma das razões para sua adaptação ao local é seu largo 'espectro alimentar': come detritos orgânicos, folhas, frutas, animais mortos e também filhotes de aruanãs. O segundo caranguejo, *Grapsus grapsus*, da família Grapsidae, vive nas pedras da vizinhança da água. Estima-se que as duas espécies predem aproximadamente entre 5 a 10% dos filhotes.

Ainda em terra, mas em menor escala, existe a predação pelas fragatas das espécies *Fregata ariel* e *Fregata minor*. Esta, porém, pelo pequeno número dessas aves e o fato de a captura se restringir ao nascer e ao pôr do sol — quando os filhotes também são poucos na praia —, é praticamente insignificante. Diariamente, duas ou três





Assim, as atividades reprodutivas das tartarugas são de vital importância para toda a cadeia trófica marinha e terrestre da ilha da Trindade, onde durante seis meses no ano uma biomassa considerável de filhotes serve de alimento a peixes, crustáceos e aves.

Os filhotes que conseguem escapar dos predadores atingiriam, teoricamente em águas mais tranquilas, o chamado 'habitat do ano perdido' (*lost year habitat*). O ano perdido é um período de aproximadamente sete a 14 meses durante os quais os filhotes desaparecem da vista humana. Esparsas evidências corroboram a hipótese de que as tartaruguinhas passam esse período flutuando passivamente nas algas pelágicas, especialmente as das espécies *Sargassum fluitans* e *Sargassum natans*.

A estimativa do número de fêmeas que chegam anualmente à Trindade entre no-

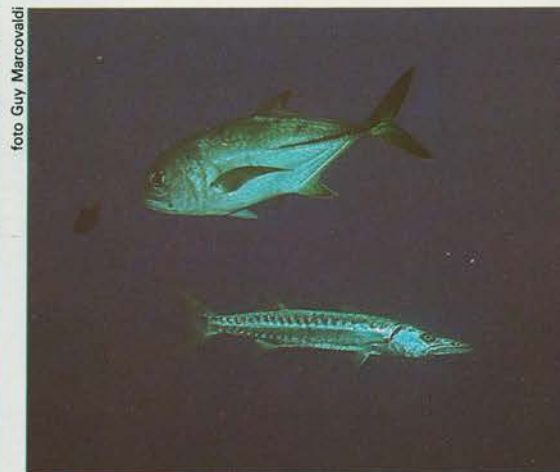
Fig. 4. Esquema funcional das posturas, predações, incubação e nascimentos de tartarugas na ilha da Trindade.



fragatas sobrevoavam a praia do Andrade e das Tartarugas na captura de filhotes, inclusive roubando-os dos caranguejos.

Mas é na água que os filhotes sofrem as maiores perdas. Só quem já mergulhou em Trindade sabe a quantidade de peixes que lá existe, formando um verdadeiro cinturão em volta da ilha. Esses predadores em potencial realizam uma verdadeira dizimação, difícil de ser avaliada. Segundo relatos de pescarias realizadas na ilha, nos estômagos de todas as espécies de peixes carnívoros, após atingirem certo tamanho, encontram-se tartaruguinhas. No conteú-

do estomacal de dois xaréus-brancos, *Hunnis cubensis*, da família Carangidae, por exemplo, foi encontrado um total de dez tartaruguinhas, em diferentes estádios de digestão, resultado de diferentes refeições. As principais espécies predadoras são: xaréu-branco e xaréu-preto, *Hunnis cubensis* e *Caranx lugubrix*, respectivamente, da família dos carangídeos; badejos *Mycteroperca* sp e garoupas *Epinephelus* sp, da família serranídeos; a barracuda *Sphyrna barracuda*, da família dos esfrenídeos; e cações dos gêneros *Carcharinus* sp e *Sphyrna* sp (figura 4).



A foto maior mostra uma barracuda nas águas cristalinas da ilha; na menor, vê-se, ao lado de outra barracuda, um xaréu-branco — sendo os dois peixes grandes predadores de filhotes de aruanã. Logo acima, a análise do conteúdo estomacal do xaréu-branco mostra que cinco filhotes tinham sido predados.





Vista das duas maiores áreas de desova da ilha da Trindade: em primeiro plano, a praia das Tartarugas; atrás, a praia do Andrade.

venbro e abril, feita a partir de estudos desenvolvidos em 1983 e 1986, é de aproximadamente mil indivíduos. Como os adultos comem em zonas de alimentação que podem cobrir extensas áreas geográficas, fazendo migrações cíclicas reprodutivas com dois a cinco anos de intervalo às praias de desova, a população total (soma das populações anuais) de fêmeas da ilha ainda é desconhecida. Seis tartarugas marcadas em 1983 remigraram para a ilha da Trindade em 1986. A remigração às ilhas para a reprodução está possivelmente relacionada com variações ecológicas nas áreas de alimentação.

Mil fêmeas, 650 mil ovos e 550 mil filhotes de *Chelonia mydas* gerados por temporada já seriam motivo suficiente para a viabilização, por meio da Marinha do Brasil, da pesquisa permanente sobre essas tartarugas. Além disso, Trindade é importante para essa população não só pela abundância de indivíduos mas por localizar-se nos limites de distribuição meridional de reprodução da espécie.

Trindade, no seu isolamento e na utilização atual que dela faz a Marinha, guar-

da e protege muito bem essa fantástica população de tartarugas aruanãs. Mas é fundamental que planos ocupacionais, estratégicos etc., que cedo ou tarde possam vir a modificar a situação, sejam acompanhados de planos de manejo que assegurem a ecologia marinha e terrestre. A idéia de construção de um aeroporto, por exemplo, deve ser muito bem pensada, no sentido de se dar à pista o melhor posicionamento, evitando problemas de redução das áreas de desova, perturbação das mesmas e outros resultados prejudiciais às tartarugas e a todo o ecossistema da ilha, principalmente em sua cadeia trófica.

A preservação desse fenômeno marinho sem igual em todo o nosso território, com sua importância sócio-econômica e o potencial de estudos que encerra, impõe verdadeiros sacrifícios e concessões.

As pesquisas sobre as tartarugas marinhas da ilha da Trindade estão ainda em fase embrionária e são necessários vários anos ininterruptos de estudos para que se possa avaliar sua população total, rotas migratórias, áreas de alimentação e ecologia geral. Posteriormente, as metas devem ser

a criação de planos de manejo e a exploração racional dos recursos.

Por não sabermos o que podemos estar destruindo e por não conhecermos nossas necessidades futuras, a ilha da Trindade e suas tartarugas devem ser protegidas.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- ALBUQUERQUE, C. e MARCOLVALDI, G. *Relatório: Marcação da tartaruga marinha 'aruanã' na Ilha de Trindade, 1982/83 (Reptília, Testudines, Chelonidae, Chelonia mydas, Linnaeus, 1758)*. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1983.
- BARTH, R. 'Observações sobre a grande tartaruga marinha *Chelonia mydas* L. feitas na ilha da Trindade', *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 34, 1962.
- FILIPPINI, A. *Relatório das atividades de marcação, avaliação da população e ecologia da tartaruga marinha *Chelonia mydas* Linnaeus, na Ilha da Trindade — Vitória — Espírito Santo — Brasil, entre fevereiro e abril de 1986*. Projeto Tartaruga Marinha (Tamar/IBDF), 1986.
- LOBO, B. 'Ilha da Trindade'. *Arquivos do Museu Nacional*, vol. 22, 1918.



*Iavé disse a Moisés: “Dá esta ordem a Aarão: estende o teu bastão e bate a poeira do solo: ela se transformará em moscas em todo o país do Egito.” Aarão estendeu a mão com que sustinha seu bastão e bateu na poeira do solo. As gentes e os animais foram então tomados pelas moscas. Toda a poeira do solo mudou-se em moscas por todo o país do Egito...*

Êxodo, III, 12

foto Eraldo R. de Lima

# FEROMÔNIOS

---

## NO CONTROLE DE PRAGAS

---

### **Evaldo Ferreira Vilela**

Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa

### **José Tércio B. Ferreira**

Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos

### **João Valentin Gasparotto**

Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos

### **José Inácio L. Moura**

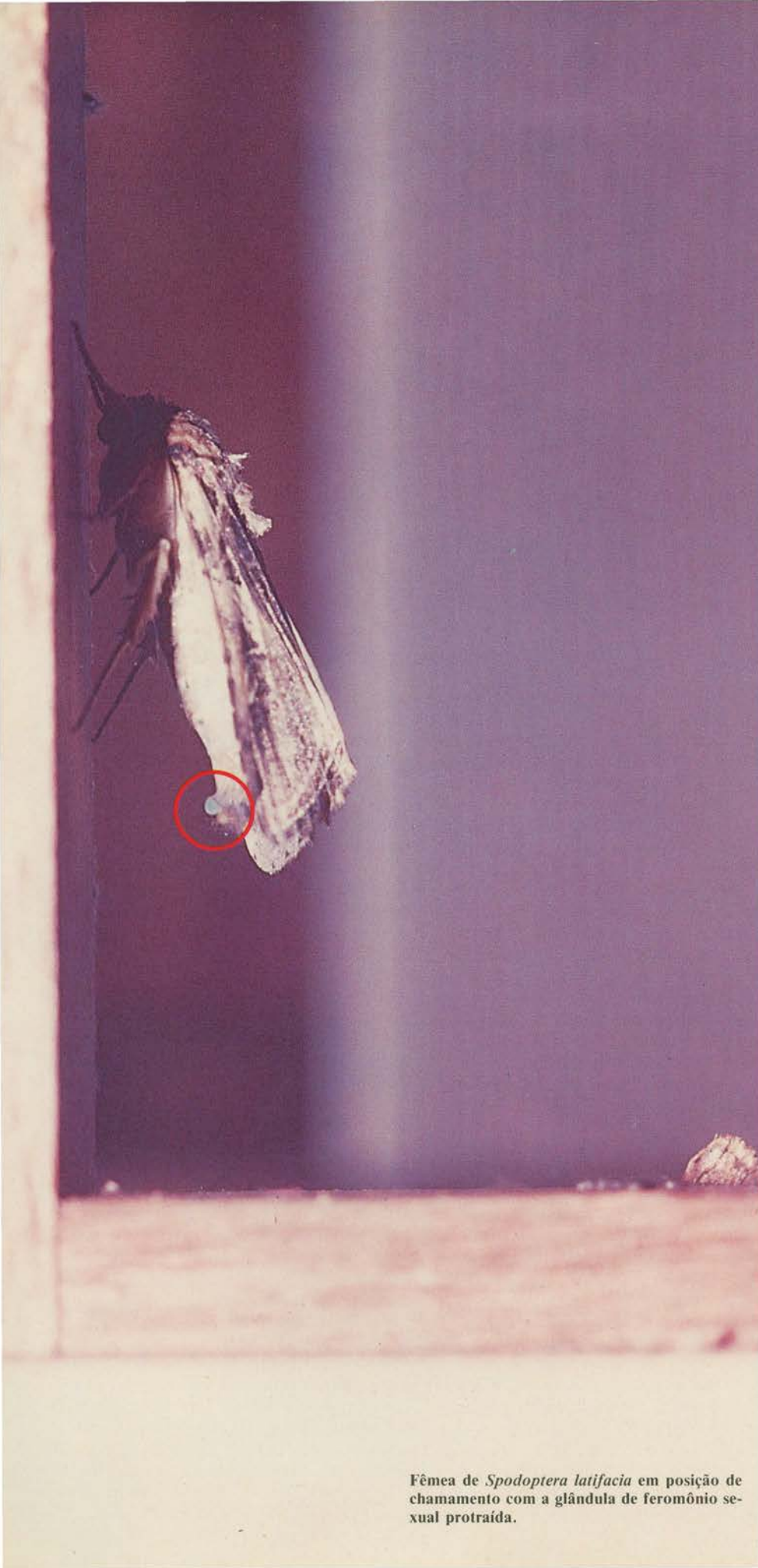
Divisão de Zoologia, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

---

O uso de feromônios sintéticos para reduzir populações de pragas que assolam as plantações é algo como fazer o feitiço virar contra o feiticeiro. Afinal, esses mensageiros químicos são o principal recurso de que os insetos se valem para funções essenciais de sobrevivência, como o acasalamento e a defesa.

---





Fêmea de *Spodoptera latifacia* em posição de chamamento com a glândula de feromônio sexual protraída.

Não por acaso os insetos figuram, já no segundo livro da Bíblia, como uma das 'pragas do Egito'. Na prática milenar da agricultura, o homem sempre teve de se haver com esse flagelo, e há muito se empenha em evitar que ele destrua alimentos e outros produtos vegetais. O cultivo de uma única ou de algumas poucas espécies em grandes extensões de terra — fornecendo aos insetos biomassa abundante e contínua — facilitou ainda mais sua ação nefasta.

Os inseticidas hoje utilizados são de origem relativamente recente: foram introduzidos a partir da década de 1940. Seus benefícios — em especial no controle de insetos que transmitem doenças ao homem — são inegáveis. Em contrapartida, ao longo de 50 anos de uso, muitas desvantagens também se evidenciaram, entre elas a de representarem riscos para o ser humano e o meio ambiente. Vários produtos chegaram a ter seu uso abolido, tal a sua periculosidade (para uma análise dos vários problemas relacionados aos inseticidas ver o conjunto de artigos reunidos sob o título 'Defensivos agrícolas ou agrotóxicos?', em *Ciência Hoje* n° 22).

Os riscos para o homem e para a natureza associados ao emprego dos pesticidas — seja por seu mau uso, seja por características inerentes aos produtos —, cada vez mais notórios, têm levado pesquisadores no mundo inteiro à busca de métodos que complementem ou mesmo substituam esses produtos tóxicos por outras técnicas que possam coexistir mais harmoniosamente com o ser humano e o meio ambiente.

A descoberta, feita na década de 1950 — em especial através dos trabalhos do pesquisador alemão A.R. Bertenandt e colaboradores —, de que os insetos se comunicam entre si e muitas vezes com o mundo vegetal principalmente por meio de uma linguagem de odores foi primeiro associada à indústria cosmética (ver 'De aromas, insetos e plantas', em *Ciência Hoje* n° 23). Só mais tarde se cogitou da possibilidade de utilizar as substâncias voláteis que emitem tais odores — denominadas feromônios — no controle das populações das pragas que atingem as plantas cultivadas, por meio de uma inferência no processo normal dessa comunicação. O primeiro relato do emprego de feromônios com esse fim foi publicado em 1967, por L. K. Gaston e colaboradores (*Nature*, n° 213).

A via tem se mostrado promissora: ao que tudo indica, o uso dos feromônios permitirá, senão eliminar por completo o uso dos inseticidas, pelo menos reduzir consideravelmente as quantidades hoje empregadas. Trata-se de uma tática poderosa entre as que compõem a estratégia do manejo integrado de pragas (ver 'Manejo integrado de pragas', em *Ciência Hoje* n° 28).



Uma aplicação especialmente bem-sucedida dessa técnica teve lugar em Israel. Ali, para controlar a lagarta-rosada-do-algodoeiro, *Pectinophora gossypiella*, utilizaram-se armadilhas adesivas. Cada uma delas continha 2 mg de feromônio sexual da espécie, o *gossypure*, e monitorava uma área de cinco hectares; sua atuação perdurava por um mês no campo. Antes da introdução desse estratagema, perdiam-se cerca de 30% das 'maças' do algodoeiro, a despeito das dez a 15 aplicações de inseticidas durante o ciclo de cultura. Com o novo método e mais uma ou duas aplicações de inseticidas em épocas estratégicas do plantio, o dano foi reduzido a zero. É em busca de resultados semelhantes que se vêm desenvolvendo pesquisas do mesmo tipo no Brasil.

Feromônios são substâncias voláteis por meio das quais indivíduos de uma mesma espécie se comunicam (figura 1). Embora essas substâncias provavelmente atuem como mensageiros químicos em todo o reino animal, grande parte do conhecimento que já se acumulou sobre elas provém de estudos feitos com insetos. Isto decorre tanto da relativa facilidade de se demonstrar a atividade dos feromônios nesses animais como das perspectivas promissoras apresentadas por seu uso no controle das pragas (ver 'Formigas-cortadeiras: a linguagem dos odores', em *Ciência Hoje* n° 35).

Os sinais químicos, em sentido amplo, são um atributo universal da vida. Sob uma ou outra forma, estão presentes em todas as células, atuando dentro e entre todos os organismos vivos. Nos insetos, por exemplo, são secretados por glândulas exócrinas e transmitidos a outros membros da espécie sob forma de vapores.

A eficiência de alguns feromônios sexuais de insetos é espantosa: um número muito pequeno de moléculas consegue atuar a longas distâncias. No caso do bicho-da-seda, por exemplo, a liberação de um miligramma de feromônio sexual por segundo pela fêmea é suficiente para atrair o macho para o acasalamento. E este já começa a responder quando é alcançada a baixíssima concentração de cem moléculas por mililitro de ar.

Os feromônios são, em geral, substâncias multicompostas, de tal modo que dão lugar a um rastro de odor que contém um gradiente de concentração das diferentes substâncias que o integram, as quais, por sua vez, têm diferentes volatilidades. Isto permite a emissão de mensagens complexas, que veiculam diferentes informações ao mesmo tempo. O volume produzido varia de acordo com as diversas necessidades do inseto: alimentação, reprodução e defesa. Além disto, são importantes na manutenção das 'comunidades' dos insetos sociais, como as formigas e as abelhas.

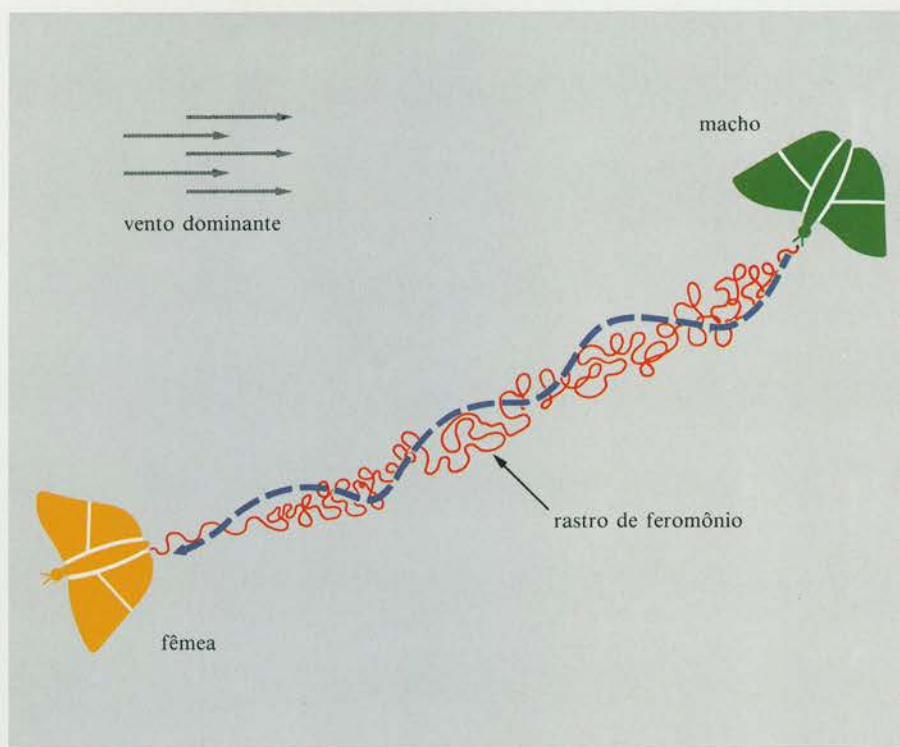


Fig. 1. Mecanismo de orientação do macho através do rastro de feromônio deixado pela fêmea.

Uma característica comum às pesquisas de vanguarda é exigirem a superposição de várias áreas do conhecimento. O estudo dos feromônios não foge à regra. Para a elaboração de pesquisas nessa área é necessário que vários especialistas componham esforços, tal como ocorre hoje entre pesquisadores das Universidades Federais de Viçosa e de São Carlos. Neste caso, entomologistas e químicos empenham-se na elucidação do feromônio da comunicação entre os indivíduos de importantes espécies de pragas, como a saúva (*Atta* spp), a lagarta-parda-dos-eucaliptais (*Thyrinteina arnobia*), a lagarta-do-cartucho-do-milho (*Spodoptera frugiperda*), a lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) e a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*).

O estudo dos feromônios de determinação da espécie de inseto deve começar pela observação do seu comportamento, o que é tarefa de entomologistas especializados. Para isso, eles necessitam manter criações de insetos de modo a dispor deles em abundância e no estágio de desenvolvimento requerido pelas pesquisas (ver 'Criando saúvas em laboratório', em *Ciência Hoje* n° 35).

São também necessárias facilidades que permitam estudar a comunicação entre os indivíduos e a influência de substâncias químicas sobre as etapas da comunicação — como por exemplo a atração sexual e a agregação —, que podem vir a culminar no acasalamento, garantindo a sobrevivência da espécie. Essas facilidades incluem 'túneis de vento' e olfatômetros, por vezes do-

tados de ar sintético, e nos quais é possível promover uma movimentação controlada do ar, o que permite a formação de rastros de feromônio a que os insetos responderão sempre do mesmo modo, quando sob as mesmas condições.

Obtém-se, assim, um catálogo das respostas dos indivíduos da espécie em estudo. Uma vez constatada a intermediação de feromônio na comunicação entre eles, o passo seguinte é o isolamento do próprio feromônio.

Nessa etapa, a cooperação entre entomologistas e químicos é fundamental. Após o isolamento de uma ou mais substâncias que compõem o feromônio, passa-se a buscar a identificação de sua estrutura química. Esta etapa envolve a utilização rotineira de técnicas sofisticadas, como a espectroscopia, a ressonância magnética protônica, o infravermelho, a espectrometria de massa acoplada à cromatografia gasosa. A elas acrescentam-se ainda reações com quantidades pequeníssimas, campo da microquímica. Em certos casos são também empregados detectores biológicos: o próprio inseto ou sua antena, numa técnica denominada eletroantenografia (ver 'A sensibilidade das antenas a serviço da técnica').

Uma vez determinada a estrutura química dos componentes de um feromônio e obtidos seus equivalentes sintéticos, resta comprovar a eficácia destes últimos, o que pode ser feito por meio de testes, seja em laboratório, seja em campo, de modo a demonstrar inequivocamente sua ação biológica. A importância da química orgânica



# A SENSIBILIDADE DAS ANTENAS A SERVIÇO DA TÉCNICA

Embora a percepção de odores seja ainda assunto pouco compreendido, o sistema sensitivo periférico dos insetos — a antena — tem sido estudado em profundidade. As antenas dos machos das mariposas possuem em geral milhares de pêlos olfativos que contêm as chamadas *sen-silla* — células sensoriais receptoras que respondem aos estímulos representados pelos componentes do feromônio da fêmea. Assim, quando exposta a este, a antena do macho apresenta uma reação fisiológica traduzida numa diferença de potencial elétrico que pode ser medida com microeletrodos. Esse aparelho biodetector, denominado antenógrafo, revela-se de extrema utilidade na identificação dos

componentes ativos de misturas de substâncias voláteis extraídas dos insetos.

A utilização do eletroantenograma exige o preparo da antena de um inseto, normalmente macho, que é extraída e fixada em meio fisiológico, de modo a conservar ativas as suas funções. Nas extremidades dessa antena, colocam-se microeletrodos acoplados a um amplificador. As substâncias, separadas pelo cromatógrafo a gás a partir do material extraído de fêmeas, são então sopradas sobre a antena, ligada a um registrador.

Como o cromatógrafo é preparado de tal forma que o fluxo da amostra nele injetado é dividido no final da coluna — uma parte é dirigida ao detector usual do

aparelho e outra ao biodetector —, torna-se possível, para cada pico detectado por ele, medir a resposta biológica do inseto correspondente à substância que o originou (figura 2).

Dessa maneira, torna-se possível identificar, em meio a uma mistura de substâncias, os prováveis componentes do feromônio da fêmea, o que por sua vez abre caminho para a elucidação de sua estrutura química.

O eletroantenograma é também de grande valia na testagem da sensibilidade de insetos a substâncias sintéticas, contribuindo efetivamente para a árdua tarefa de recompor, artificialmente, o 'buquê' de um feromônio natural.

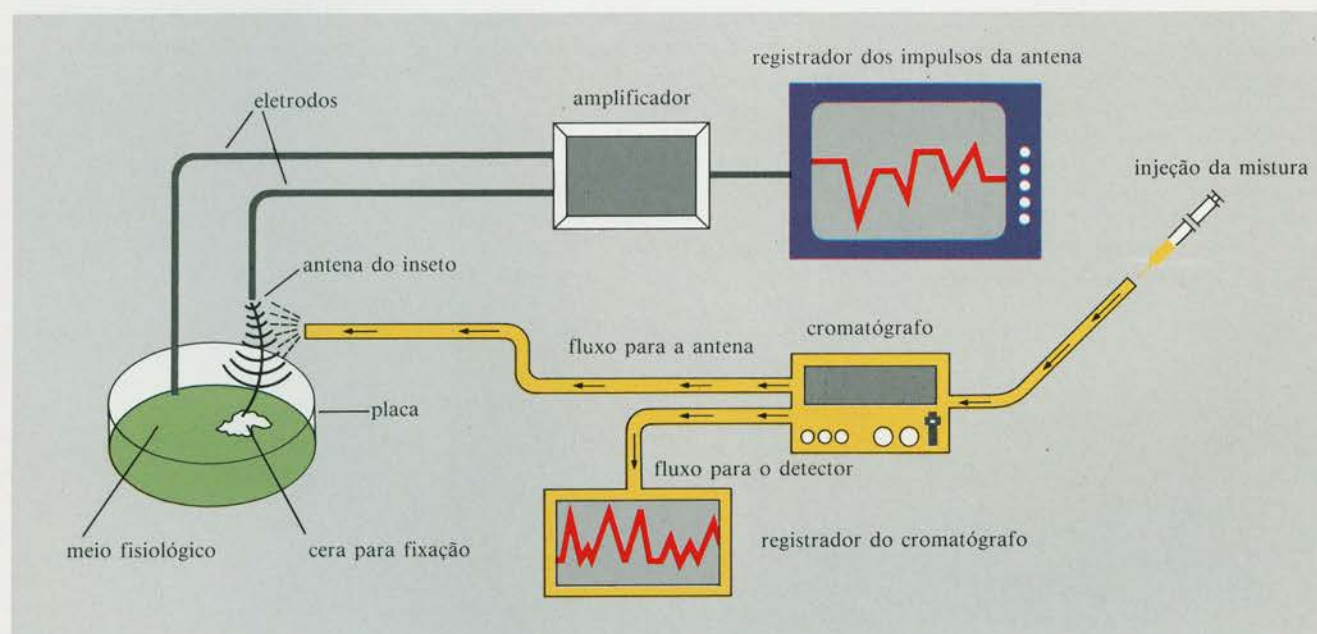


Fig. 2. Esquema de uma eletroantenografia, mostrando a injeção de uma mistura de substâncias químicas, sua separação por cromatografia, o lançamento de substâncias voláteis sobre uma antena de inseto em meio fisiológico com o conseqüente registro da resposta aos voláteis.

sintética no estudo dos feromônios, fornecendo material em quantidades necessárias para a execução dos testes, dificilmente pode ser superestimada.

Os primeiros testes são realizados em laboratório, onde o controle das condições permite manipular os fatores que influenciam a ocorrência da comunicação, por exemplo, entre os sexos. Em seguida são conduzidos, em campo, testes da eficiência do feromônio sintético como atrativo em armadilhas adesivas para a captura da praga, ou em outras estratégias de que trataremos adiante.

O uso dos sintéticos se impõe porque a quantidade de feromônio natural que se pode obter numa extração raramente ultrapassa a escala do miligrama, sendo mais comumente da ordem de microgramas. Interessado em obter o feromônio da barata (*Periplaneta americana*), por exemplo, um laboratório holandês precisou de 75 mil fêmeas, todas elas virgens, para conseguir 200 microgramas de uma mistura cujo componente principal era a periplanona B, o excitante sexual desse inseto, mostrado na figura 3 [ver 'A mão e a luva (ou: noções de estereoquímica')].

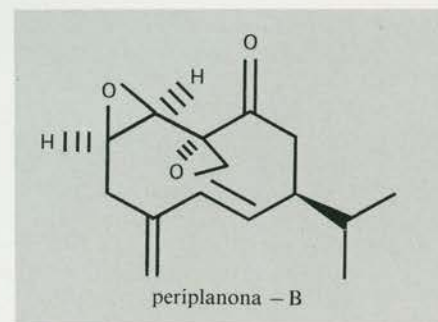


Fig. 3. Feromônio da barata *Periplaneta americana*.



# A MÃO E A LUVA (OU: NOÇÕES DE ESTE

A determinação e a síntese da estrutura correta do feromônio é fundamental para a elaboração do produto sintético. Aliás, a relação estrutura-atividade biológica é responsável por diferenças cruciais nas propriedades de algumas moléculas. Exemplo trágico e muito conhecido desse fato foi a utilização da talidomida como calmante para mulheres grávidas, que redundou no nascimento de um sem-número de crianças com deformações teratogênicas. Mais tarde, descobriu-se que esse efeito cruel resultara da administração do medicamento na forma racêmica, isto é, contendo uma mistura de iguais quantidades de dois estereoisômeros, um dos quais era inócuo e o outro — (S) — (—) — era o agente causador das deformações, como se observa em sua estrutura, mostrada na figura 4.

O átomo de carbono pode formar até quatro ligações com outros átomos ou grupos de átomos. Quando um deles está ligado a quatro grupos de átomos diferentes entre si (ficando o carbono tetra substituído no centro), obtêm-se dois arranjos espaciais de conjunto de átomos que não podem ser superpostos e, por conseguinte, correspondem a substâncias diferentes. Essas estruturas, que têm en-

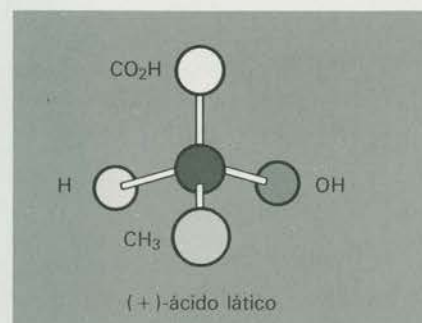
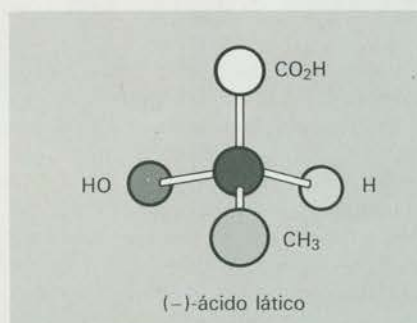


Fig. 5. Estrutura dos dois enantiômeros do ácido láctico, ilustrando uma relação imagem-objeto.

tre si uma relação de imagem-objeto, representam um par de isômeros ópticos que são chamados de enantiômeros. O carbono tetra substituído é denominado centro quiral (figura 5).

Os dois enantiômeros, quando se apresentam puros, têm a propriedade de desviar o plano de vibração de um feixe de luz polarizada em igual intensidade, porém em sentido diferente.

Para diferenciar inequivocamente as duas estruturas enantioméricas, tais como as do ácido láctico, os químicos desenvolveram uma nomenclatura em que, dependendo da inter-relação espacial dos quatro substituintes ligados ao centro qui-

ral, um enantiômero será chamado de R e o outro de S.

Normalmente, a natureza sintetiza substâncias que possuem apenas uma das configurações (R ou S). Ao contrário, em reações normais de laboratório, o que se obtém usualmente é uma mistura com iguais quantidades dos dois enantiômeros. É por essa razão que os insetos, como todos os demais organismos vivos, em geral só reconhecem uma forma — e o mais das vezes uma forma espacial — dos possíveis enantiômeros.

Uma explicação para isto seria o fato de que as enzimas e proteínas responsáveis pelo metabolismo são formadas por aminoácidos quirais. Em consequência, o centro ativo dessas substâncias interagiria preferencialmente com uma das configurações dos dois enantiômeros possíveis.

Uma analogia que facilita o entendimento dessa interação preferencial é a facilidade com que uma luva direita calça a mão direita e a dificuldade com que essa mesma luva calça a mão esquerda.

Alguns exemplos podem também ajudar a melhor compreender a estereoespecificidade e suas consequências. O limoleno, produto natural encontrado em muitos óleos essenciais, pode existir sob duas formas isoméricas, das quais uma tem odor de limão e a outra odor de laranja (figura 6).

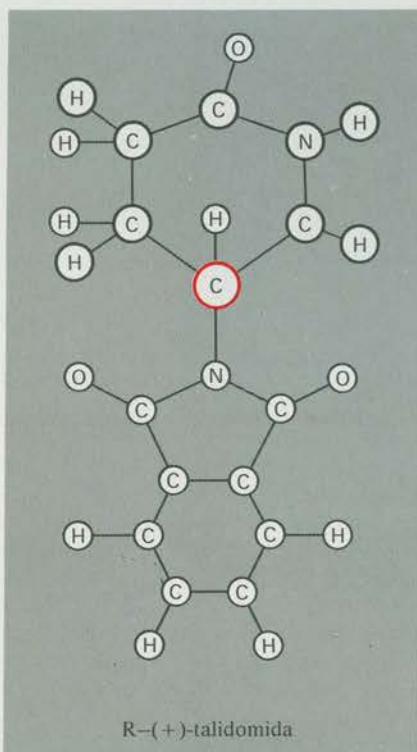
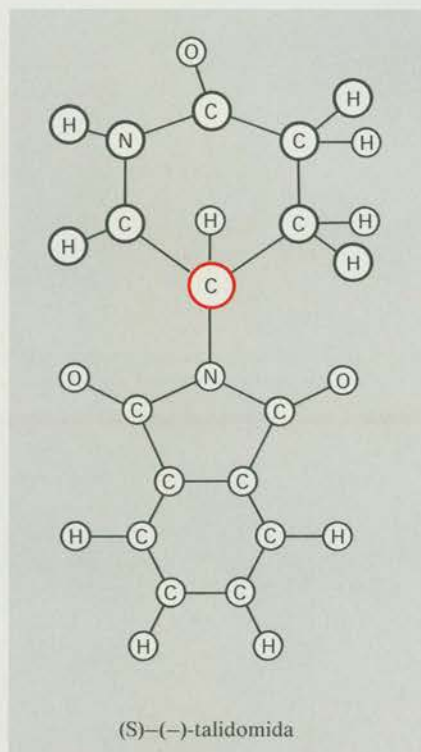


Fig. 4. Estrutura da talidomida: experimentos mostraram que apenas o isômero (S) — (—) causa deformações.

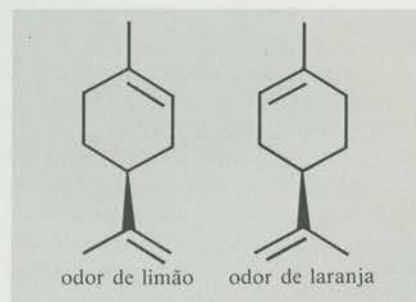


Fig. 6. As duas formas que o limoleno pode assumir, com seus diferentes odores.



# REOQUÍMICA)

Mas é entre os feromônios que a estereoquímica desempenha um papel especialmente relevante. Em alguns casos, apenas um enantiômero é ativo — o outro, óptico, não tem ação biológica. Um desses casos é o feromônio de alarme da formiga *Atta texana*, cuja estrutura é mostrada na figura 7.

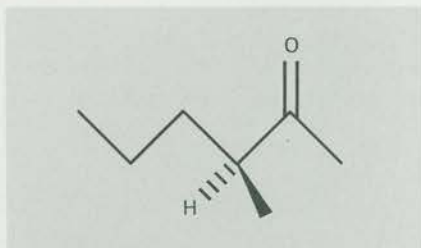


Fig. 7. Feromônio de alarme da formiga *Atta texana*.

Já em outros feromônios, a presença de pequena quantidade de outro enantiômero provoca acentuado efeito inibidor. Isto ocorre com o besouro-japonês (*Popillia japonica*), cujo olfato é excepcionalmente refinado. Seu feromônio sexual é constituído de um único componente que tem a estrutura do centro quiral (R), cuja estrutura natural e seu isômero são mostrados na figura 8.

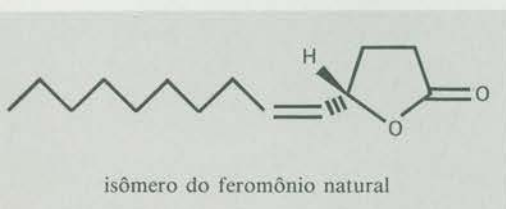
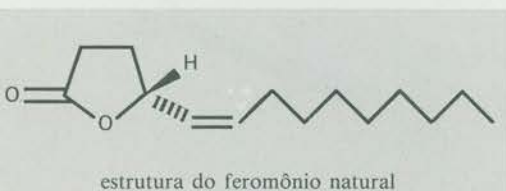


Fig. 8. Estrutura do feromônio natural do besouro-japonês e de seu isômero.

Quando se efetua a síntese desse feromônio na sua forma recêmica — isto é, com quantidades iguais dos dois isômeros ópticos, R e S —, a mistura não atrai nenhum macho. A atração só é exercida quando se sintetiza apenas o isômero R. A adição de pequena quantidade do outro isômero óptico ao componente ativo exerce forte efeito inibidor.

Uma vez obtido determinado feromônio sintético com a estrutura química correta, são ainda necessários estudos aprofundados para sua correta utilização no controle de insetos em plantios agrícolas. Entre outros, o desenvolvimento de um sistema apropriado para a liberação controlada do feromônio no campo, bem como de um modelo de armadilha para o aprisionamento do inseto-alvo são fatores essenciais para o sucesso da utilização dessa metodologia.

Até o momento, conhecem-se duas maneiras básicas de utilizar feromônios no controle de pragas. A primeira consiste em monitorar a população da praga por meio de feromônios sexuais, o que fornece elementos para se decidir quando e onde aplicar medidas de controle (que podem ser inseticidas convencionais). Esta técnica emprega armadilhas, na maioria das vezes adesivas, que contêm como atraente o feromônio sexual, o de agregação ou ambos, devidamente formulados e em quantidades diminutas (figura 9).



Fig. 9. Armadilha adesiva contendo feromônio sexual para captura de machos de mariposas.

Contagens sucessivas do número de insetos aprisionados nas armadilhas tornam possível estimar o local e a época em que a atividade dos insetos-praga será máxima e é com base nesses dados que se decide a medida de controle a ser adotada em seguida. As informações obtidas são de especial importância para adoção das práticas de manejo integrado de pragas, permitindo otimizar as aplicações de defensivos e minimizar as perdas.

As armadilhas são úteis também para a definição dos focos iniciais de infestações de pragas. A detecção precoce das pragas introduzidas na área pode permitir tanto eliminar uma nova infestação como evitar a sua disseminação. Assim, a movimenta-

ção do bicudo-do-algodoeiro do estado de São Paulo para Minas Gerais tem sido monitorada com sucesso por meio de armadilhas de feromônio.

Após ser atraído pelo rastro dos feromônios sintéticos, o inseto deve ser aprisionado. Para isso empregam-se materiais adesivos, água, eletrocução ou armadilhas sem saída. Se o feromônio sintético tiver algum componente que atraia um outro inseto que não o alvo, que pode ser inclusive benéfico, a adição de uma substância repelente para esse inseto específico pode eliminar o problema.

Na armadilha, além da superfície de retenção, merecem atenção o formato e sua disposição no campo, o que será determinado a partir de fatores associados aos hábitos de cada espécie de insetos (figura 10).

Outra aplicação dos feromônios é no controle direto da praga, com o objetivo de manter sua população em níveis inferiores aos que representam dano econômico. Isto pode ser feito por meio de duas técnicas: a 'coleta massal' e o 'confundimento'.



Fig. 10. Armadilha adesiva para a captura do bicho-do-fumo (*Lasioderma serricorne*). Ao centro, pastilha com o feromônio sexual e o de agregação, que atrai machos e fêmeas da espécie.



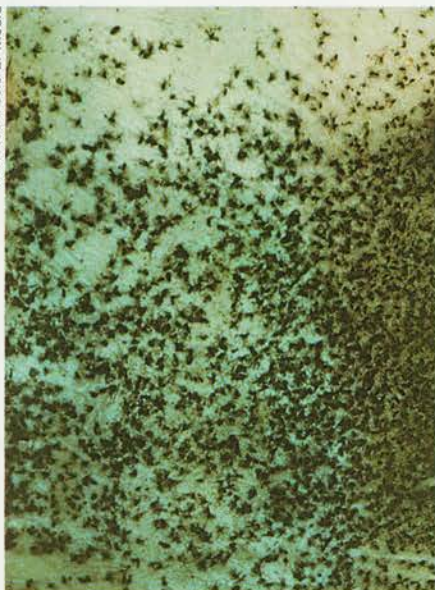


Fig. 11. Armadilha adesiva para captura da mosca-do-sorgo (*Contarinia sorghicola*) contendo o feromônio sexual natural. O que vemos é o resultado da coleta de uma manhã.

Em ambas, ao que se visa é a reduzir o número de acasalamentos, fazendo com que a população da praga se reduza a níveis tão baixos que nenhum ou muito pouco inseticida seja necessário para evitar danos.

Na coleta massal emprega-se o mesmo tipo de armadilha utilizado para o monitoramento, porém em número muito maior por hectare, de modo a remover da cultura um número expressivo de indivíduos. A eficácia do método depende de características da praga a ser controlada. Por exemplo, se for possível aprisionar as fêmeas antes que efetuem a postura, sua eficiência estará assegurada. No caso, porém, de apenas machos serem atraídos e capturados, se a proporção de indivíduos retirada da população não for elevada, uma diminuição efetiva na geração seguinte não será verificada (figura 11).

Exemplo notável de emprego de feromônio para coleta massal ocorreu na Noruega, no combate à broca-de-pinheiro (*Ips typographus*), praga em cujo combate, devido ao seu *modus vivendi*, os inseticidas convencionais têm pouca eficiência. Em 1978 e 1979, esse inseto foi responsável pela destruição de seis a sete milhões de pinheiros, o que levou o governo norueguês a criar um plano de emergência para controlá-lo com base no uso do feromônio em armadilha, visando à coleta massal. Aproximadamente 600 mil armadilhas foram distribuídas pelas florestas do país, do que resultou a captura de cerca de 2,9 bilhões de insetos. Não fosse essa providência, tal quantidade da praga destruiria por volta de 1,5 milhão de árvores.

Já a técnica do confundimento consiste em impregnar a atmosfera com o feromô-

nio sintético, a partir de inúmeros pontos emissores (figura 12). Como o inseto se orienta para o acasalamento através do feromônio emitido pelo seu parceiro sexual, a excessiva impregnação da atmosfera com tal feromônio impede que ele se oriente corretamente rumo a seu par. Evita-se, assim, a ocorrência de cópulas e, conseqüentemente, há uma diminuição das populações futuras da praga, até o ponto em que os prejuízos por ela causados sejam economicamente aceitáveis.

O método do confundimento foi o primeiro a ser utilizado comercialmente, com o feromônio da lagarta-rosada (*Pectinophora gossypiella*), uma praga que afeta a cultura do algodão no mundo inteiro. Na Bolívia, a utilização desse método permitiu reduzir em 67% a quantidade do inse-

ticida convencional geralmente utilizado em algodoeiros. No Brasil, estão em andamento, no estado de São Paulo e no Nordeste, estudos voltados para a aplicação comercial desse feromônio na técnica do confundimento na lavoura de algodão.

Estudos mais recentes levantam, ainda, a possibilidade de, em vez de um feromônio sexual, pulverizar sobre a área infestada pela praga uma substância capaz de bloquear a recepção do feromônio natural pelas antenas dos indivíduos, ou mesmo mascarar a ação do feromônio liberado pela praga. Todas essas possibilidades visam a interromper o acasalamento da espécie-praga com a conseqüente redução numérica da geração seguinte de insetos. A idéia é eliminar essa geração futura, sem com isto agredir o meio ambiente.

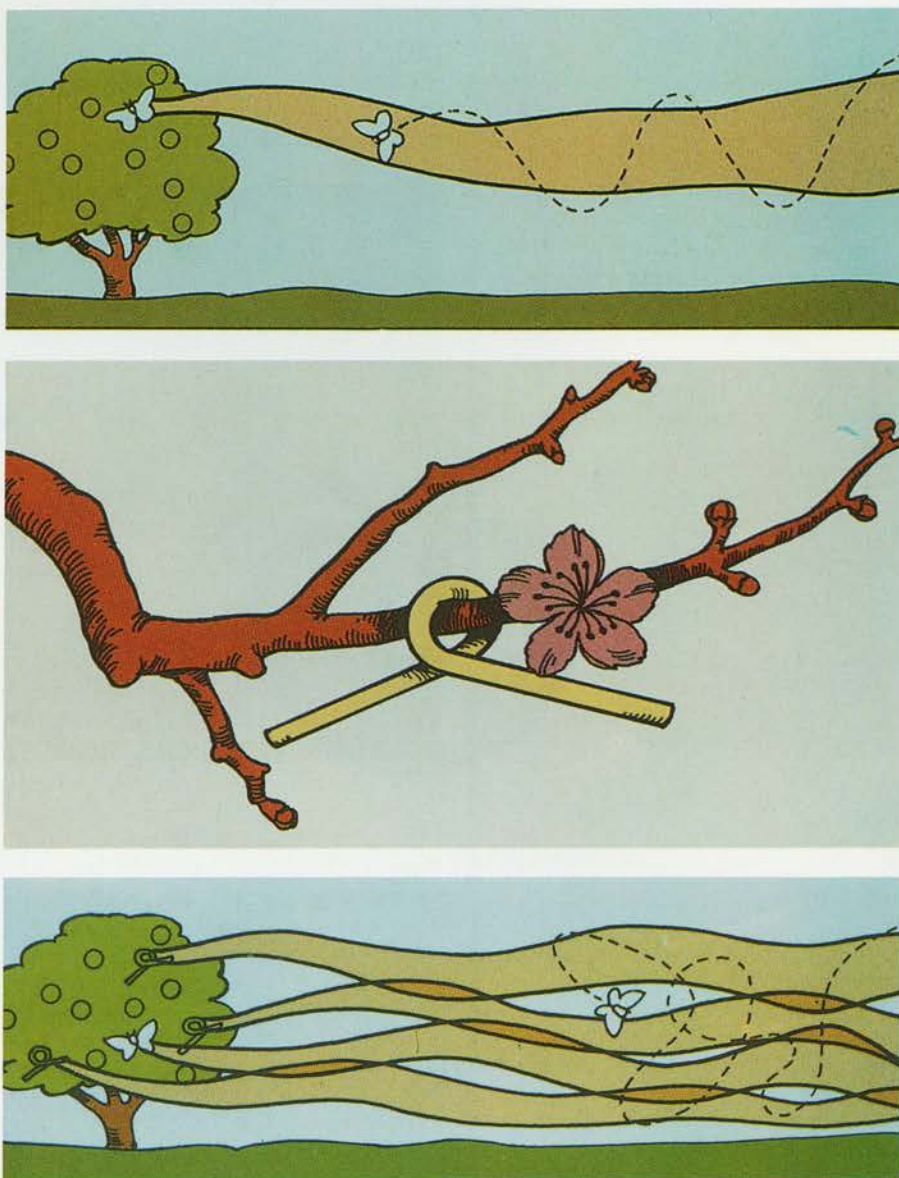


Fig. 12. A seqüência mostra a orientação do macho por meio do feromônio liberado por uma fêmea pousada numa árvore; adição de tiras plásticas liberadoras de feromônio sintético da praga; e desorientação diante de inúmeros rastros de feromônio, impedindo o acasalamento e provocando a interrupção do crescimento populacional da praga.



A utilização dos feromônios para controle de pragas no Brasil é muito recente, tendo se iniciado com material cuja identificação, síntese e formulação foram efetuadas no exterior, para emprego contra pragas de ampla distribuição mundial. A figura 13 mostra os produtos à base de feromônios já em uso ou a serem proximamente usados no país.

As primeiras experiências de desenvolvimento de feromônios, incluindo extração, isolamento, identificação e aplicação no campo, no Brasil, tiveram lugar na Universidade de Viçosa, onde, com os professores João Sabino de Oliveira e Terezinha M. C. Della Lucia, temos trabalhado com feromônios de formigas-cortadeiras, pragas polífagas comuns na América Latina.

Mais recentemente, através de uma conjugação de esforços dos grupos de pesquisa em feromônios das Universidades Federais de Viçosa (UFV) e São Carlos (UFSCar), liderados por nós, temos desenvolvido trabalhos que visam à aplicação prática de feromônios no controle de pragas nas culturas do milho, da soja e do tomate, em colaboração com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), através dos seguintes Centros Nacionais de Pesquisa: do Milho, de Soja, de Pesquisa de Defesa da Agricultura e de Recursos Ge-

#### FEROMÔNIOS EM TESTE NO BRASIL

| Insetos e ácaros                                             | Equipe                         | Trabalho desenvolvido                                                               |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Lagarta-do-cartucho-do-milho<br><i>Spodoptera frugiperda</i> | UFV/UFSCar                     |  |  |                                                                                     |                                                                                     |
| Lagarta-rosca<br><i>Agrotis ipsilon</i>                      | UFV/UFSCar<br>Fersol           |  |  |                                                                                     |                                                                                     |
| Lagarta-elasma<br><i>Elasmopalpus lignosellus</i>            | UFV/UFSCar<br>CNPMS/Embrapa    |  |  |  |                                                                                     |
| Lagarta-parda-dos-eucaliptais<br><i>Thyrinteina arnobia</i>  | UFV                            |  |  |  |                                                                                     |
| Mosca doméstica<br><i>Musca domestica</i>                    | UFV/UFSCar                     |  |  |                                                                                     |                                                                                     |
| Formiga saúva<br><i>Atta spp</i>                             | UFV                            |  |  |  |  |
| Formiga quenquém<br><i>Acromyrmex spp</i>                    | UFV                            |  |  |  |                                                                                     |
| Broca-da-cana-de-açúcar<br><i>Diatrea saccharalis</i>        | Copersucar                     |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| Mariposa-oriental<br><i>Grapholita molesta</i>               | UFSCar<br>Empasc               |  |  |                                                                                     |                                                                                     |
| Bicho-do-fumo<br><i>Lasioderma serricornis</i>               | Unicamp                        |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| Ácaro rajado<br><i>Tetranychus urticae</i>                   | Esalq/USP<br>Unesp/Jaboticabal |  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |

Fig. 14. Relação dos feromônios atualmente em estudo nas seguintes instituições: Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Fersol, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Conselho Nacional de Pesquisa do Milho e da Soja (CNPMS), Copersucar, Empasc (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Universidade de São Paulo (Esalq-USP) e Universidade Estadual de São Paulo-Jaboticabal (Unesp-Jaboticabal). As cores indicam o trabalho desenvolvido pelas diversas instituições ou equipes: síntese (■), testes em campo (■), estudos em laboratório (■), extração e isolamento (■), identificação (■).

#### FEROMÔNIOS EM USO NO BRASIL

| Feromônio             | Ação                  | Praga                        | Emprego                     |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Muscalure e Moscamone | sexual                | mosca doméstica              | iscas envenenadas           |
| Gossyplure            | sexual                | lagarta-rosada-do-algodoeiro | armadilhas (1) e fibras (2) |
| Grandlure             | sexual e de agregação | bicudo-do-algodoeiro         | armadilhas (1)              |
| Serricornin           | sexual e de agregação | bicho-do-fumo                | armadilhas (3)              |

(1) monitoramento

(2) confinamento

(3) monitoramento e coleta massal

Fig. 13. Estes produtos à base de feromônio já estão ou estarão proximamente em uso no país.

néticos e Biotecnologia. A figura 14 ilustra os feromônios que estão sendo testados pela cooperação UFV/UFSCar e por outras equipes brasileiras.

Por se tratar de assunto ainda recente em todo o mundo, a despeito do grande número de trabalhos produzidos a partir de 1970, é de esperar que novas possibilidades de emprego dos feromônios venham a surgir. Tem-se como possível, nos próximos anos, a utilização de feromônios para inibir a postura das moscas-das-frutas, além de feromônios de alarme/dispersão de ácaros e de pulgões (afídeos), o que, aplicado juntamente com os inseticidas, aumentaria a eficiência do controle dessas pragas, ao promover a movimentação e a

consequente exposição aos inseticidas dos indivíduos abrigados.

Com relação às possibilidades de aplicação significativa dos feromônios na agricultura nacional, é importante salientar que isto dependerá da capacidade que venha a ter nossa agricultura de se modernizar, atendendo inclusive aos reclamos da sociedade contra o uso maciço de substâncias agressivas aos ecossistemas.

Sendo atóxicos — já pelas quantidades empregadas, já por sua rápida degradação no ambiente —, os feromônios poderão desempenhar um importante papel no concerto de métodos que integram o manejo integrado de pragas, como já acontece em várias partes do mundo.

Os obstáculos ao seu emprego incluem o longo período de tempo demandado pelas pesquisas para a identificação, síntese e testes biológicos dessas substâncias e o custo elevado dos ensaios demonstrativos de sua eficiência. A sua especificidade e as pequenas quantidades requeridas apresentam-se, por outro lado, como qualidades vantajosas, principalmente do ponto de vista da preservação do ambiente. Essas virtudes têm, porém, uma contrapartida: a necessidade de um produto diferente para cada praga, além de procedimentos para se lidar com microquantidades — características que absolutamente não são do agrado da atual indústria de defensivos agrícolas. Um outro problema é o do registro dos produtos para uso. Espera-se que se torne mais simples, a exemplo do que vem ocorrendo no Primeiro Mundo.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

VILELA E. F. e DELLA LUCIA T. C. M., *Feromônios de insetos, biologia, química e emprego no manejo de pragas*. Viçosa, Viçosa Imprensa Universitária, UFV, 1987.

HUMMEL H. E. e MILLER T. A. (orgs.), *Techniques in pheromone research*, Nova Iorque, Springer-Verlag, 1984.

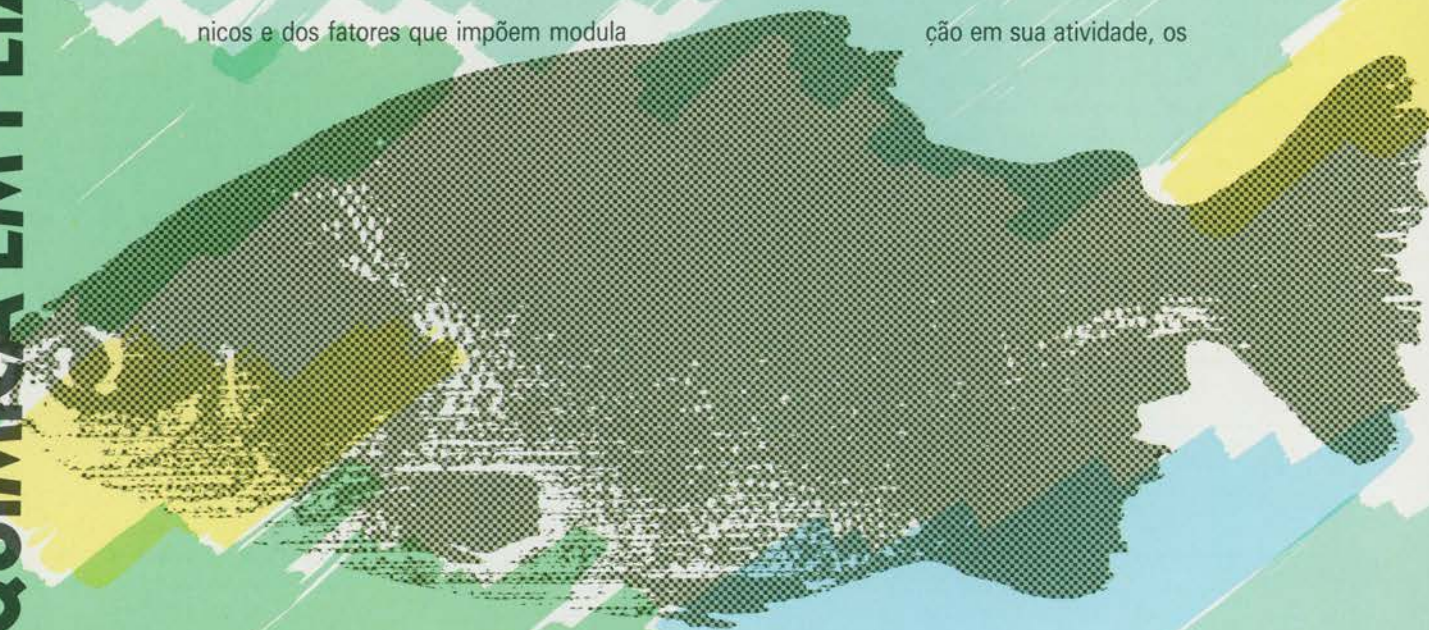
MASON S. 'The left hand of nature', *New Scientist*, 19 de fevereiro de 1984.

Edição de texto: Maria Luiza X. de A. Borges



# ADAPTAÇÃO BIOQUÍMICA EM PEIXES DA AMAZÔNIA

Com seu sistema de rios, lagoas e lagos temporários, canais naturais e diferentes tipos de água, a bacia amazônica, ao reunir ecossistemas complexos e enorme variedade de nichos ecológicos, abriga riquíssima diversidade de espécies, que se mantêm graças às inúmeras estratégias adaptativas ali desenvolvidas. Nesse valioso laboratório natural, as pesquisas sobre a fauna de peixes — considerada por muitos especialistas como a mais rica do planeta — ganham destaque. Com base no estudo de proteínas e enzimas envolvidas no metabolismo respiratório de peixes amazônicos e dos fatores que impõem modulação em sua atividade, os



autores concluem que, através da investigação de estratégias adaptativas em nível molecular, é possível esclarecer mecanismos genéticos de regulação importantes, capazes não só de estabelecer o caminho evolutivo de espécies desse grupo de vertebrados, mas também de levantar subsídios ao seu cultivo. **Vera Maria Fonseca de Almeida-Val e Adalberto Luís Val.**

Departamento de Biologia Aquática, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).

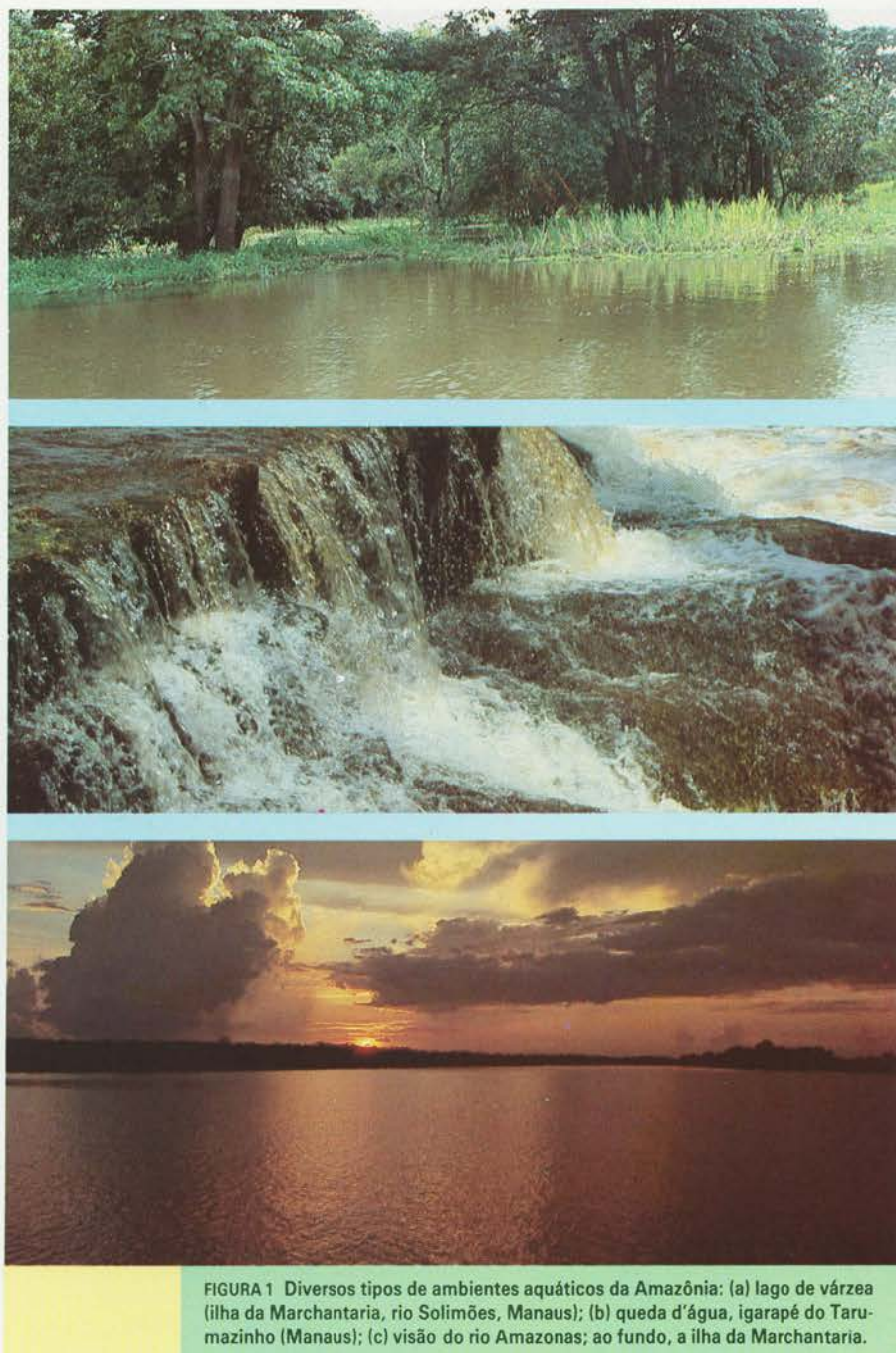


**O**s peixes são, entre os vertebrados, os animais que apresentam maior interesse nas pesquisas sobre processos adaptativos. Isso decorre não só de sua posição na escala evolutiva, mas também de suas características genotípicas — que lhes garantem enorme plasticidade na seleção de ambientes — e da capacidade de algumas espécies suportarem diferentes condições de temperatura e pressão, altos índices de salinidade ou baixas concentrações de oxigênio. A literatura tem registrado um número cada vez maior de trabalhos sobre adaptações bioquímicas em peixes, e seus resultados vêm confirmar particularidades que lhes são tradicionalmente atribuídas.

Os peixes, segundo esses trabalhos, apresentam grande plasticidade genotípica, isto é, seu material genético está apto a sofrer alterações e pode variar, em sua expressão, de acordo com mudanças ambientais. Além de sua grande diversidade evolutiva no tocante a estratégias de reprodução e desenvolvimento, pôde-se confirmar também a facilidade com que os peixes formam híbridos — permitindo maior troca de informações genéticas entre espécies diferentes — e a existência de espécies que sobrevivem conservando características muito semelhantes às de seus ancestrais.

Por ocupar ecossistemas separados, os peixes de água doce são um objeto de investigação particularmente instigante. Uma vez que o isolamento geográfico tem sido considerado fator decisivo no processo de especiação do grupo, o estudo desses peixes requer análises comparativas em diferentes tipos de ambientes e discussões acerca de sua distribuição nas diversas bacias hidrográficas. Com seu sistema de rios, lagoas e lagos temporários, canais naturais e diferentes tipos de água (preta, branca e clara), a bacia amazônica reúne um conjunto complexo de ecossistemas, com enorme diversidade de espécies, mantida graças a inúmeras estratégias adaptativas (figura 1).

A riqueza da ictiofauna amazônica pode ser constatada com base na enorme variação morfológica de seus peixes (figura 2). Segundo alguns estudiosos, já foram descritas cerca de duas mil espécies diferentes: desde peixes cartilaginosos, a exemplo das raias, peixes ósseos primitivos, a exemplo dos aruanãs, até representantes de famílias de peixes ósseos altamente especializados, como os tucunarés. Além de abrigar considerável número de invasores marinhos, como as raias e as pescadas, a Amazônia possui também espécies dotadas de respiração aérea obrigatória, como o pirarucu, outras que apresentam respiração aérea facultativa, como o jeju ou o acaribodó, ou ainda espécies extremamente primitivas, a exemplo da pirambóia, um peixe pulmonado. Não seria, pois, exagero



**FIGURA 1** Diversos tipos de ambientes aquáticos da Amazônia: (a) lago de várzea (ilha da Marchantaria, rio Solimões, Manaus); (b) queda d'água, igarapé do Tarumazinho (Manaus); (c) visão do rio Amazonas; ao fundo, a ilha da Marchantaria.

considerar a bacia amazônica um valiosíssimo laboratório natural para investigações sobre genética e evolução desse grupo de vertebrados.

O pesquisador alemão Wolfgang Junk acredita que o fato de o sistema existir há muito tempo sem ter sofrido modificações drásticas pode explicar tal diversidade. Para ele, a existência de inúmeros nichos — que incluíam isolamentos geográficos, ecológicos, temporais e etológicos — permitiu a sobrevivência de diversas espécies conjuntamente. Essa hipótese abrange toda a gama de variações encontrada nos peixes da bacia amazônica, e as diferentes estratégias observadas no grupo podem ser

consideradas adaptações que propiciaram a ocupação efetiva de nichos ecológicos distintos.

O estudo, em nível molecular, das estratégias adaptativas a ambientes extremamente variáveis é um dos meios pelos quais podemos elucidar os caminhos evolutivos de um determinado grupo. Com base no estudo de proteínas e enzimas envolvidas no metabolismo respiratório e dos fatores que impõem modulação em sua atividade, é possível esclarecer mecanismos genéticos de regulação muito importantes, tanto para estabelecer o caminho evolutivo das espécies desse grupo, como para levantar subsídios ao seu cultivo.



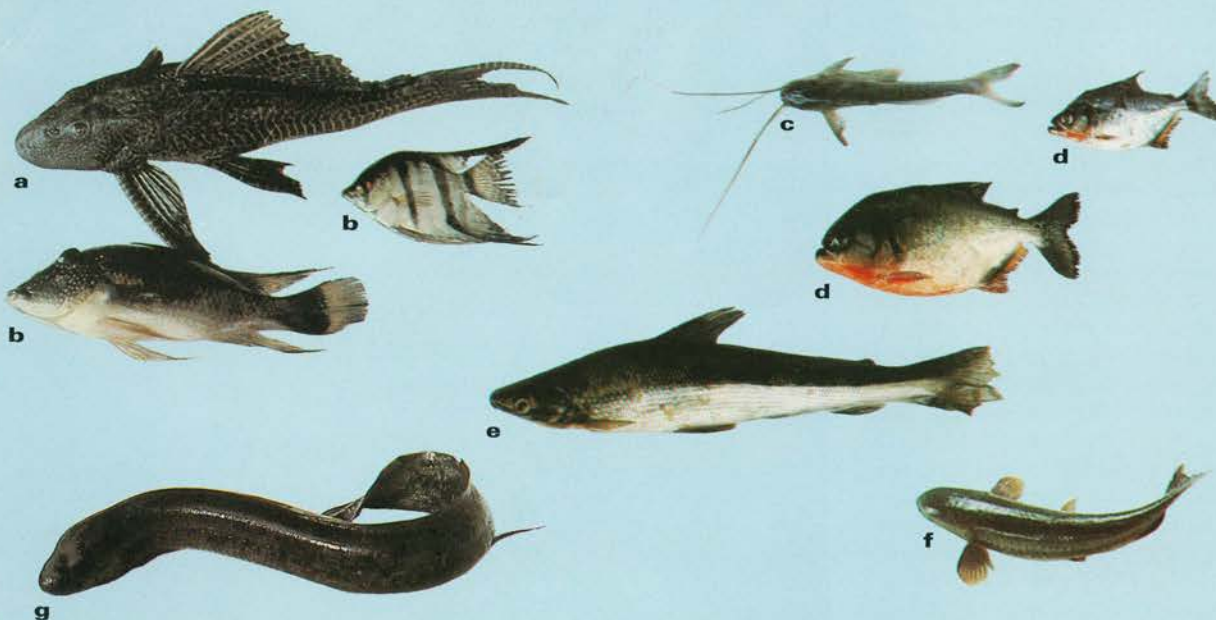


FIGURA 2 Peixes capturados em região de várzea da Amazônia, na ilha da Marchantaria; (a) acari-bodó, siluriforme da família dos loricarídeos; (b) dois acarás, perciforme da família dos ciclídeos; (c) mandi, siluriforme da família dos pimelodídeos; (d) duas piranhas, da família dos serrasalmídeos; (e) aracu, da família dos erythrinídeos, de respiração aérea; (f) jeju, da família dos erythrinídeos, de respiração aérea; (g) pirambóia (*Lepidosiren paradoxa*), espécie de peixe pulmonado.

FOTOS CEDIDAS PELA AUTORA

## SOBRE A MODULAÇÃO DA HEMOGLOBINA PELOS FOSFATOS INTRA-ERITROCITÁRIOS

A ocorrência de um mesmo indivíduo com mais de um tipo de hemoglobina (hemoglobinas múltiplas ou isoemoglobinas) tem sido frequentemente descrita entre os peixes. Estudadas isoladamente em várias espécies, as isoemoglobinas revelaram dados importantes: elas têm propriedades funcionais distintas e suas concentrações relativas podem ser reguladas adaptativamente, de acordo com as condições do meio ambiente. É o que ocorre, por exemplo, com o tamoatá (*Hoplosternum littorale*), que possui duas frações hemoglobínicas — uma com efeito Bohr normal e a outra com efeito Bohr reverso — e com o tambaqui, que exibe cinco frações hemoglobínicas cujas concentrações relativas sofrem grande variação sazonal, de acordo com a oscilação do nível de água. Denomina-se Bohr o efeito do pH sobre a saturação da hemoglobina pelo oxigênio. A afinidade entre esses elementos é baixa em pH ácido e alta em pH alcalino (efeito Bohr normal).

A hemoglobina é uma proteína tetramérica, sintetizada a partir de informações genéticas existentes no organismo. Nos vertebrados superiores é simétrica, isto é, constituída por quatro cadeias iguais

duas a duas, codificadas pelos genes Hb  $\alpha$  e Hb  $\beta$ . Algumas espécies de peixes podem apresentar hemoglobinas assimétricas e outros genes responsáveis pela síntese das cadeias.

Cada cadeia polipeptídica que compõe a hemoglobina está ligada a um grupo prostético, de natureza porfirínica, denominado heme. O grupo heme é constituído pela protoporfirina IX e contém um átomo de ferro sob a forma ferrosa ( $\text{Fe}^{++}$ ), responsável pela ligação da hemoglobina ao oxigênio molecular ( $\text{O}_2$ ). O processo de oxigenação da hemoglobina se dá através da 'movimentação' do átomo de ferro, como se ele se encaixasse ao grupo heme. A concentração hidrogeniônica (pH) e os fosfatos intra-eritrocitários agem modificando a configuração espacial da hemoglobina (são por isso denominados efetores alostéricos), exercendo importante influência na formação do complexo Hb- $\text{O}_2$  (figura 3).

O matrinxã (*Brycon cf erythropterus*), uma espécie economicamente importante na Amazônia, exibe um padrão eletroforético com cinco isoemoglobinas, que sofrem uma forte modulação pelo pH e apresentam efeito Bohr normal ( $\phi = \Delta$

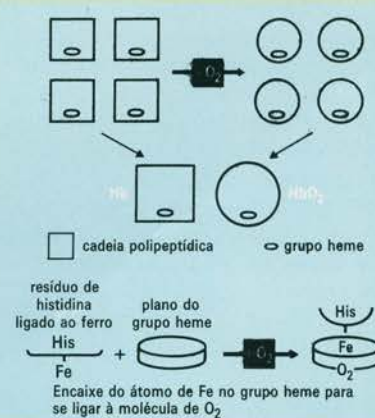


FIGURA 3 Representação esquemática da ligação da hemoglobina com o oxigênio

$\log P_{50}/\Delta \text{ pH}$ ). Nessa espécie, tanto o ATP quanto o GTP (este último é um modulador mais negativo que o primeiro) são encontrados em seus eritrócitos e possuem uma efetiva capacidade moduladora da afinidade da hemoglobina com o oxigênio. Como o pH tissular é levemente ácido, a ação do ATP e do GTP sobre a hemoglobina facilita a liberação do oxigênio para os tecidos. Ambos têm peque-



O metabolismo respiratório de um animal está em íntima relação com o meio em que vive, e as adaptações sofridas por esse sistema refletem os diferentes níveis de sua organização celular. Portanto, um estudo que pretenda elucidar os mecanismos bioquímicos de adaptação a ambientes hipóxicos (em que há baixo teor de oxigênio) não pode ser conduzido apenas num sentido: ele deve abordar, além dos mecanismos diretamente relacionados à respiração do animal, os fatores de influência do ambiente em que se encontra.

O processo respiratório é comumente dividido em duas etapas: uma que envolve a tomada de oxigênio do meio (aquático ou aéreo), seu transporte através do sangue e sua liberação nos tecidos, e outra que diz respeito à utilização desse gás em nível tissular, isto é, o caminho metabólico seguido pela célula, de acordo com a disponibilidade de oxigênio (metabolismo aeróbico e/ou anaeróbico). Visando alcançar uma abordagem genético-ecológica, recomenda-se que o estudo dessas duas etapas seja feito em conjunto.

A principal proteína envolvida na primeira etapa da respiração é a hemoglobina (Hb). Em peixes, ela costuma ocorrer sob formas múltiplas, permitindo pressu-

por o envolvimento de um número maior de locos gênicos na sua produção do que em vertebrados superiores. Várias hipóteses têm sido lançadas para explicar tal fenômeno. A principal delas é a de que cada fração hemoglobínica teria propriedades funcionais específicas, e a regulação de sua síntese poderia conferir ao animal maior chance de sobrevivência em ambientes variáveis. Diversas espécies da bacia amazônica — entre elas o tamoatá (*Hoplosternum littorale*), o jaraqui-de-escama-grossa (*Semaprochilodus insignis*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) — já foram estudadas sob esse aspecto, comprovando-se que cada fração hemoglobínica pode possuir propriedades funcionais distintas.

Outro fator adaptativo importante está relacionado à modulação que a hemoglobina pode sofrer por ação de efetores alostéricos. Em diferentes concentrações, reguladas fisiológica e metabolicamente, eles atuam sobre essa proteína, diminuindo sua afinidade com o oxigênio e facilitando sua liberação para os tecidos (ver 'Sobre a modulação da hemoglobina pelos fosfatos intra-eritrocitários').

Na segunda etapa do processo são muitas as proteínas envolvidas, podendo ser exploradas todas as enzimas do metabolismo

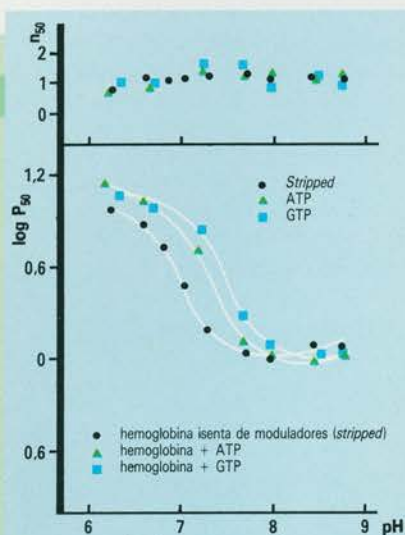
respiratório. No entanto, destacam-se a glicose-6-fosfato desidrogenase (G-6-PDH), a fosfoglicomutase (PGM), a fosfoglicoisomerase (PGI), a creatina quinase (CK), a malato desidrogenase (MDH) e a lactato desidrogenase (LDH). Esta última, a mais bem estudada entre os vertebrados, atua no final da via glicolítica e transforma o piruvato em lactato (ou vice-versa), com a consequente oxidação da coenzima NADH, possibilitando a quebra da glicose e a formação do ATP — essencial ao balanço energético celular — durante os períodos de baixa concentração ou ausência de oxigênio nos tecidos. Acredita-se, assim, que o nível de oxigênio tissular, sanguíneo e, conseqüentemente, ambiental regule a atuação dessa enzima, o que a torna um excelente material para estudos sobre adaptações bioquímicas em ambientes hipóxicos.

O emprego da eletroforese, com o auxílio de métodos histoquímicos de revelação, proporcionou um avanço expressivo na elucidação dos mecanismos genéticos envolvidos tanto na codificação como na regulação da atividade da hemoglobina e da enzima LDH. A eletroforese em gel de amido, particularmente, trouxe maior poder de resolução para esse tipo de estudo, tornando-se um método mundialmente

na influência na ligação da Hb com o oxigênio em nível branquial (figura 4).

Os peixes, como sabemos, estão constantemente à mercê de significativas variações (diárias e sazonais) da disponibilidade de oxigênio no ambiente em que se encontram. Em razão disso, a regulação qualitativa e quantitativa dos fosfatos intra-eritrocitários representa uma importante estratégia adaptativa para o grupo. Saliente-se que essa regulação pode ser rápida, pois ATP e GTP estão separados de ADP e GDP, respectivamente, por um único passo metabólico.

Nossos estudos com o pacu (*Mylossoma duriventris*) revelaram que o perfil cromatográfico dos fosfatos intra-eritrocitários varia sazonalmente. Tal variação, é de se supor, está relacionada aos níveis de água e do oxigênio nela dissolvido, evidenciando que a espécie é capaz de regular adaptativamente a concentração eritrocitária daqueles metabólitos. Durante os períodos de baixa disponibilidade de oxigênio no ambiente, *M. duriventris* possui aproximadamente 65 vezes menos GTP que nos períodos de maior disponibilidade desse gás; o ATP, por sua vez, é apenas quatro vezes me-



$P_{50}$  = pressão de  $O_2$  necessária para saturar 50% da hemoglobina. Em pHs ácidos, que ocorrem nos tecidos, há baixa afinidade Hb- $O_2$ . Em pHs alcalinos, que ocorrem na região branquial, há alta afinidade Hb- $O_2$ . Os moduladores ATP e GTP aumentam os valores de  $\log P_{50}$  em pHs ácidos, diminuem a afinidade Hb- $O_2$ , facilitando a liberação de  $O_2$ .

$n_{50}$  = coeficiente de Hill. Refere-se à interação entre os grupos heme da molécula de hemoglobina nos processos de oxigenação.  $n_{50} > 1,0$  indica a presença de interações heme-heme positivas.

FIGURA 4 Comportamento da afinidade entre hemoglobina e oxigênio em diferentes pHs no caso do *Brycon cf erythropterus* (Matrinxã).

nor. Sendo o GTP um modulador mais negativo que o ATP, sua diminuição durante os períodos hipóxicos facilita a tomada de oxigênio em nível branquial; o ATP, por outro lado, facilita a liberação do gás para os tecidos. No caso do acaribodó (*Pterygoplichthys multiradiatus*), espécie de respiração aérea facultativa, não há ocorrência intra-eritrocitária de GTP em condições hipóxicas. Entretanto, quando indivíduos dessa espécie são aclimatados a condições normóxicas, a concentração de GTP aumenta e passa a ser superior à de ATP (GTP/ATP = 1,43).

ATP e GTP são os fosfatos intra-eritrocitários mais comumente encontrados nos peixes. A existência de outros compostos fosfatados — e seus efeitos sobre a afinidade da hemoglobina com o oxigênio — ainda está sendo investigada. Até o momento já foi identificado no pirarucu o inositol pentafofato, característico dos eritrócitos de aves. Os estudos realizados até agora permitem afirmar que o controle da concentração dos fosfatos eritrocitários é uma estratégia adaptativa importante, já que permite aos peixes compensar, de forma virtual, a alteração dos níveis de oxigênio disponível no ambiente.



adotado em pesquisas com finalidades semelhantes às que aqui apresentamos.

As enzimas, se codificadas por mais de um loco gênico, podem ocorrer sob múltiplas formas (isozimas). Dependendo do número de cadeias que as compõem — e que define se são monoméricas, diméricas, tetraméricas etc. — e do número de genes estruturais envolvidos em sua síntese, elas podem apresentar-se como uma, duas, três ou mais isozimas. Estas, em geral, possuem cargas eletrônicas diferentes, o que lhes confere diferentes mobilidades relativas quando submetidas à eletroforese.

A enzima LDH (um tetrâmero) é codificada, na maioria dos vertebrados, pelos locos gênicos Ldh-A e Ldh-B, responsáveis pelo aparecimento das subunidades A e B respectivamente. A combinação ao acaso dessas subunidades gera cinco diferentes formas isozimicas:  $A_4$ ,  $A_3B$ ,  $A_2B_2$ ,  $AB_3$  e  $B_4$ .

Em peixes, a LDH pode ocorrer como uma, duas, três, quatro ou cinco isozimas. O número de tetrâmeros formados entre as subunidades A e B resulta de fatores como grau de divergência entre locos gênicos estruturais, instabilidade tetramérica ou regulação gênica. Um terceiro loco, Ldh-C, tem distribuição tissular inespecífica em espécies consideradas primitivas na escala filogenética. Já em grupos de peixes teleosteos avançados, este terceiro loco se apresenta sob forte regulação gênica, possuindo mobilidade eletroforética relativa específica e alta restrição tissular.

Para uma abordagem genético-evolutiva ou genético-adaptativa, a escolha das espécies a serem estudadas é muito importante. Em peixes da bacia amazônica já foram descritas muitas estratégias de adaptação

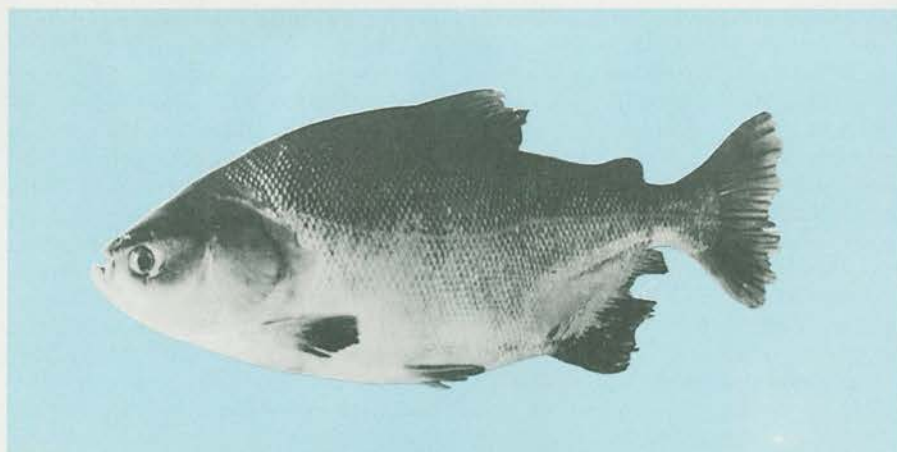


FIGURA 5 Exemplar de *Colossoma macropomum* (tambaqui) de aproximadamente 52 cm, capturado na região da ilha da Marchantaria (rio Solimões) em período de baixa disponibilidade de oxigênio.

a ambientes hipóxicos. Algumas famílias abrigam espécies de respiração aérea, resultante de modificações anatômicas de órgãos internos, como a bexiga natatória no pirarucu (*Arapaima gigas*), o estômago no acari-bodó (*Pterygoplichthys multiradiatus*), ou a cavidade bucal no muçum (*Symbranchus marmoratus*). A pirambóia (*Lepidosiren paradoxa*) é um exemplo extremo desse tipo de adaptação: durante seu processo evolutivo, como sabemos, a espécie desenvolveu pulmões verdadeiros.

Espécies de diferentes famílias não dotadas de respiração aérea ou aérea facultativa conseguem permanecer em águas extremamente pobres em oxigênio, graças ao desenvolvimento de outra estratégia morfológica: a expansão do lábio inferior, que ocorre, por exemplo, com o tambaqui, espécie que tem merecido especial atenção de

estudiosos da fisiologia da respiração e ecologia (figura 5). Com o auxílio da nova estrutura — ela se forma surpreendentemente poucas horas após os animais serem expostos a baixas tensões de oxigênio e lhes permite captá-lo das camadas mais superficiais da água —, a espécie é capaz de sobreviver durante certo período em áreas de intensa hipoxia (figura 6). Embora até agora as explicações para o fenômeno tenham um caráter puramente especulativo, é possível considerá-lo uma convergência adaptativa, cuja compreensão requer estudos detalhados acerca dos mecanismos bioquímicos aí envolvidos.

Em peixes, quatro fatores metabólicos podem ser evidenciados durante exposição a situações de hipoxia: captura de oxigênio por vias extrabranquiais; acidose transitente; alta capacidade anaeróbica; e mu-

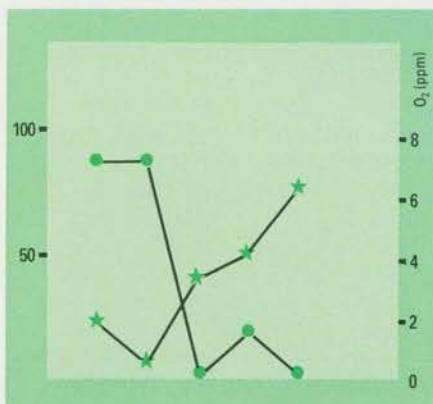


FIGURA 6 Porcentagem de indivíduos com lábios inferiores desenvolvidos (★) e concentração de oxigênio dissolvido na água em partes por milhão (ppm) (●), durante cinco diferentes meses de 1984.

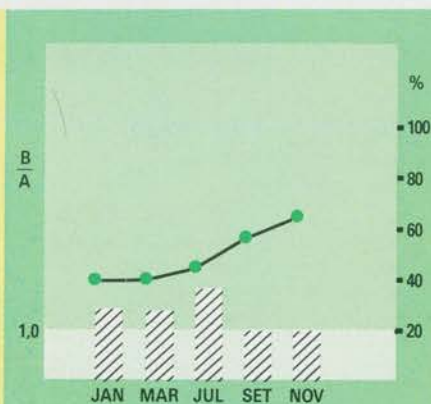


FIGURA 7 Concentração relativa (%) do produto do loco Ldh-A em músculo cardíaco (●) e valores B/A\* observados para a enzima LDH deste mesmo tecido (pH 7,0) durante cinco diferentes meses do ano de 1984. \*B / A = velocidade de reação da LDH em baixa concentração de piruvato (0,30 mM) / velocidade de reação da LDH em alta concentração de piruvato (10,0 mM).

| MÊS DE COLETA | % DE INDIVÍDUOS COM LÁBIOS | % DE INIBIÇÃO DA LDH EM ALTAS CONCENTRAÇÕES DE SUBSTRATO 10 mM PIR | TIPO DE METABOLISMO |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|
| JANEIRO       | 88                         | 40                                                                 | AERÓBICO            |
| MARÇO         | 88                         | 40                                                                 | AERÓBICO            |
| JULHO         | 0                          | 80                                                                 | AERÓBICO            |
| SETEMBRO      | 20                         | 0                                                                  | ANAERÓBICO          |
| NOVEMBRO      | 0                          | 0                                                                  | ANAERÓBICO          |

FIGURA 8 Relação entre período de coleta, modificações morfológicas e inibição da enzima LDH, destacando-se o tipo de metabolismo predominante em cada situação.



dança de seu padrão isoζimico. Nossos estudos sobre a enzima lactato-desidrogenase de *C. macropomum* revelaram que a espécie apresenta pelo menos mudança do padrão isoζimico. É preciso notar também que, apesar da expansão dos lábios inferiores, as brânquias continuam a exercer suas funções tradicionais de captar oxigênio do meio aquático. A nova estrutura apenas se presta à tomada de águas mais oxigenadas, sem interferir no mecanismo funcional das brânquias.

Nossas análises da enzima LDH revelaram que seus componentes isoζimicos variam de acordo com a época do ano. Análises densitométricas dos zimogramas (representação gráfica de uma eletroforese de enzimas, em que, após separação eletroforética e revelação histoquímica, se destacam as isoζimas) indicam um aumento do produto do loco Ldh-A no coração em determinados períodos do ano, revelando uma mudança no metabolismo do órgão. Como já dissemos, o produto do loco Ldh-A predomina em tecidos que suportam anaerobiose, como o músculo esquelético. Assim, é possível concluir que em determinados períodos o coração passe a responder anaerobicamente. Para confirmar tais resultados, estudou-se a atuação da enzima em diferentes concentrações de substratos. A LDH, presente em extratos crus de coração, foi submetida a ensaios espectrofotométricos, medindo-se o tempo gasto para a coenzima NADH (forma reduzida) transformar-se em NAD (forma oxidada). Esse experimento, em última instância, reflete a velocidade da transformação do piruvato em lactato.

Os experimentos foram realizados com uma concentração constante de NADH (0,20 mM) e duas concentrações de piruvato: 0,30 mM (baixa) e 10,0 mM (alta). A concentração alta inibe a ação da enzima, exceto nos casos em que o metabolismo anaeróbico está ativado e predomina sobre o aeróbico. Portanto, a relação entre a velocidade de reação em concentração baixa e a velocidade da reação em concentração alta, denominada baixa/alta (B/A), pode evidenciar o tipo de metabolismo predominante no tecido analisado. Se  $B/A > 1,0$ , há metabolismo aeróbico; se  $B/A < 1,0$ , o metabolismo é anaeróbico. De fato, os resultados obtidos mostram que, nos períodos de aumento do produto do loco Ldh-A no coração, a enzima deixa de ser inibida pelo substrato, mostrando uma provável ativação do metabolismo anaeróbico nesses tecidos (figura 7).

Metabolicamente o coração não suporta situações de estresse muscular, provocada geralmente por quedas do pH devidas ao acúmulo de ácido láctico. Mas o quadro pode se reverter diante do desvio do ácido láctico através da corrente sanguínea (o san-

gue pode atuar como tampão) ou da redução de seu nível em função da queda dos níveis da enzima LDH, que, em *C. macropomum*, é fortemente inibida em pH 6,0. Uma ligeira queda do pH tissular pode inibir a atuação da LDH e reduzir a síntese de ácido láctico. Combinando ambos os fatores, presume-se, a espécie consegue manter o tecido cardíaco em anaerobiose durante certo período do ano.

A porcentagem de indivíduos dotados de lábios inferiores desenvolvidos — e consequentemente com níveis de  $O_2$  adequados para atender às exigências cardíacas — foi extremamente alta em janeiro e março, coincidindo com o período de baixa concentração de oxigênio (2,0 ppm) nas áreas pesquisadas (figura 8). Os resultados obtidos com LDH refletem a predominância do metabolismo aeróbico. Nos meses de julho, setembro e novembro, a concentração do produto do loco Ldh-A do coração aumenta, indicando uma ativação do metabolismo anaeróbico, confirmada pelos valores de B/A em setembro e novembro, com total ausência de inibição pelo substrato. O aumento do oxigênio dissolvido na água, nesse mesmo período, pode não representar, para o tambaqui, uma condição normóxica. Esses valores estão muito abaixo daqueles aceitos como normoxia em regiões temperadas (aproximadamente 25 ppm). Assim, a ativação do metabolismo anaeróbico através do aumento do produto do loco Ldh-A no coração pode ser considerada uma estratégia bioquímica de adaptação a situações de hipoxia não acentuada. O mês de julho — em que ocorrem ligeiro aumento do produto do loco Ldh-A, alta inibição da enzima pelo substrato, aumento simultâneo da concentração de oxigênio e total ausência de indivíduos com lábios — pode ser considerado um período de transição.

A alta inibição apresentada pela LDH (80%) é evidência de que o metabolismo aeróbico está ativado, apesar de a concentração de oxigênio ser ainda muito baixa. Entretanto, a ausência de indivíduos com lábios inferiores desenvolvidos pode indicar a busca de outro tipo de estratégia: nota-se um pequeno aumento na concentração do loco Ldh-A. O esforço do animal em busca da homeostase metabólica pode estar relacionado ao aumento do número de indivíduos com lábios inferiores desenvolvidos (durante o mês de setembro) e à ativação do metabolismo anaeróbico (em setembro e novembro).

O efeito da ativação do metabolismo anaeróbico com consequente liberação de ácido láctico e queda do pH ainda está por ser investigado. A hipótese de que essa queda de pH na corrente sanguínea — responsável pelo aumento da permeabilidade celular — funcione como um sinal metabóli-

co para o surgimento de lábios deverá ser corroborada através de experimentos de aclimação dos animais. A explicação para a síntese de novas subunidades A no coração, em decorrência do aumento do produto do gene Ldh-A, pode estar no sistema de genes reguladores.

De posse desses resultados, as hipóteses mencionadas foram lançadas com base na premissa de que, num determinado instante geológico, houve, como produto final de um processo evolutivo, uma seleção de fatores adaptativos que permitiram a sobrevivência de certas espécies em ambientes adversos ao seu metabolismo. Conclui-se, pois, que — em resposta às pressões ambientais (no caso de hipoxia ou anoxia) — enzimas-chave do metabolismo respiratório podem atuar de maneira diferente entre as espécies, permitindo maiores chances na exploração de nichos ecológicos que *a priori* lhes seriam desfavoráveis.

## SUGESTÕES PARA LEITURA

- ALMEIDA-VAL V.M.F., *Lactato desidrogenase de duas espécies de peixes da Amazônia: Mylossoma duriventris e Colossoma macropomum (Characiformes). Aspectos adaptativos* (tese de doutoramento). Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, 1986.
- HOCHACHKA P.W. e SOMERO G.N., *Biochemical adaptation*. Princeton, New Jersey-Princeton Univ. Press., 1984.
- MONTEIRO P.J., VAL A.L. e ALMEIDA-VAL V.M.F., 'Biological aspects of Amazonian fishes. Hemoglobin, hematology, intraerythrocytic phosphates and whole blood Bohr effect of *Mylossoma duriventris*'. *Canadian Journal of Zoology*, nº 65, 1987.
- SALATI E., SCHUBART H.O.R., JUNK W. e OLIVEIRA A.E., *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. São Paulo/Brasília, Brasília/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1983.
- SIOLI H., *The Amazon - limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, Dr. W. Junk publishers, 1984.
- VAL A.L., *Hemoglobinas de Colossoma macropomum Cuvier, 1818 (Characoidei, Pisces): aspectos adaptativos (Ilha da Marantaria-Manaus-AM)* (Tese de doutoramento). Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, 1986.
- VAL A.L., SCHWANTES A.R. e ALMEIDA-VAL V.M.F., 'Biological aspects of Amazonian fishes. Hemoglobins and whole blood properties of *Semaprochilodus* species (Prochilodontidae) at two phases of migration'. *Comparative biochemistry and physiology*, nº 83B, 1986.
- BARTLETT G.R., 'Phosphates compounds in vertebrates red blood cells'. *American zoologist*, nº 20, 1980.
- RIGGS A., 'Studies of the hemoglobins of Amazonian fishes: an overview'. *Comparative biochemistry and physiology*, nº 62A, 1979.







# O CERRADO

## E A ECOLOGIA DO FOGO



**LEOPOLDO MAGNO COUTINHO**

Departamento de Ecologia Geral, Instituto de Biociências,  
Universidade de São Paulo

A ocupação desordenada da área central do país, para expandir a produção agrícola, é responsável pela devastação acelerada de um dos mais ricos e extensos ecossistemas brasileiros: o cerrado. A adoção de medidas de preservação e manejo racional dos recursos ali existentes, no entanto, depende de um maior conhecimento científico sobre os variados fatores envolvidos na ecologia da região. A milenar presença do fogo, por exemplo, torna necessário determinar até que ponto a vegetação do cerrado adaptou-se a essa condição e em que medida o uso de queimadas controladas pode ajudar a proteger o ecossistema.



Quem já viajou pelo interior do Brasil, através de estados como Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso ou Mato Grosso do Sul, certamente atravessou extensos chapadões, cobertos por uma vegetação de pequenas árvores retorcidas, dispersas em meio a um tapete de gramíneas — o cerrado. Durante os meses quentes de verão, quando as chuvas se concentram e os dias são mais longos, tudo ali é muito verde. No inverno, ao contrário, o capim amarelece e seca; quase todas as árvores e arbustos, por sua vez, trocam a folhagem senescente por outra totalmente nova.

Nesse período de temperaturas pouco mais baixas, maior estresse hídrico e dias mais curtos, vamos encontrar, ao mesmo tempo, árvores que ainda sustentam suas folhas velhas e amareladas, outras que aparentam estar secas, pois já as perderam to-



talmente, e outras ainda nas quais já brota a nova roupagem, verde e vigorosa.

Apesar da aparente monotonia da vegetação, a flora do cerrado é de enorme riqueza. Em número de espécies, só perde para as florestas tropicais úmidas, como as da Amazônia e das matas costeiras. Dentre as plantas arbóreas e arbustivas, a botânica conhece no cerrado perto de 800 espécies distintas. Entre as herbáceas, estima-se que exista um número de espécies muito maior, talvez o dobro. Embora falte um levantamento rigoroso, pode-se dizer que nos cerrados estão presentes ao todo pelo menos 2 500 espécies de vegetais superiores.

O barbatimão, o pau-terra, o pau-santo, a perobinha-do-campo, o araticum, o murici, o pequi e o ipê são algumas das árvores freqüentes em nossos cerrados. O capim-flecha, o flechinha, o cajuzinho-do-campo, a mata-barata, a douradinha e a catuaba são outras plantas que comumente encontramos entre a flora herbácea. Ao contrário das caatingas nordestinas, os cerrados são muito pobres em espécies carnosas ou espinhosas. Epífitas (plantas que vivem sobre outras, sem parasitá-las) vascu-

lares e trepadeiras lenhosas (cipós) também não são muito comuns ali.

Quanto aos animais, parece não existir uma fauna de vertebrados peculiar ou endêmica do cerrado. Em áreas sob proteção, como o Parque Nacional das Emas, no sudoeste de Goiás, ainda é relativamente fácil avistarem-se emas, veados-campeiros, tamanduás, antas e guarás (figura 1). A fauna de invertebrados, certamente rica mas pouco conhecida, tem grande possibilidade de apresentar fortes endemismos, sobretudo no grupo dos insetos, com numerosas espécies de cupins, formigas e besouros.



FIGURA 1. A fauna dos cerrados inclui o veado campeiro, o tamanduá-bandeira e o guará.

A vegetação é constituída basicamente por dois estratos: o arbóreo/arbustivo, de caráter lenhoso, e o herbáceo/subarbustivo, formado pelas gramíneas, outras ervas e pequenos subarbustos. Essa estrutura vertical do cerrado não é, todavia, única ou uniforme. Ela pode variar bastante, em curtas distâncias, de um cerrado para outro, dependendo da maior ou menor densidade dos dois estratos.

O caboclo reconhece e a ciência aceita a existência de várias formas fisionômicas de cerrado. No sentido lato, ele compreende o campo limpo, o campo sujo, o campo cerrado, o cerrado *stricto sensu* (cerrado ss) e o cerradão. O primeiro apresenta apenas um estrato herbáceo/subarbustivo, despojado de árvores e arbustos. Nos ou-

tros três, o estrato lenhoso vai gradativamente adquirindo maior importância na paisagem. O cerradão já é uma floresta, com as copas das árvores se tocando e criando sombra, enquanto o estrato herbáceo/subarbustivo é muito pobre e rarefeito.

Em um extremo temos, portanto, a fisionomia de campo; em outro, a de floresta. As formas intermediárias de campo sujo, campo cerrado e cerrado ss apresentam fisionomia de savana. Dá-se o nome de ecolínio (figura 2) a esse gradiente biológico, determinado por condições ambientais físicas — como solo e freqüência de queimadas. Na natureza, as várias formas de cerrado não se apresentam assim, de modo ordenado. Formam, na realidade, um grande mosaico de vegetação. É por isso que, ao viajarmos através dos cerrados, podemos atravessar um campo sujo e, logo em seguida, cruzar um cerradão, e depois um campo limpo, um cerrado ss etc. Essa distribuição em mosaico é, em grande parte, o reflexo da distribuição das manchas de solo, também em mosaico, da incidência irregular das queimadas e de outras formas de ação antrópica.

O complexo fisionômico representado pelos cerrados ocupava, até há algumas décadas, uma extensão territorial estimada em 1,8 milhão de quilômetros quadrados (figura 3), equivalente a nada menos do que três França, seis Itália ou 40 Holanda. Dentro desse enorme espaço brasileiro caberiam, juntas, a Alemanha Ocidental, a Áustria, a Bélgica, a Espanha, a França, a Holanda, a Itália, a Suíça e Portugal. Tal dimensão subcontinental já constitui, por si só, razão suficiente para reconhecermos a importância dos cerrados como um dos principais biomas (grandes ecossistemas) brasileiros. Aliem-se a isto a enorme diversidade biológica, o potencial em plantas medicinais, espécies forrageiras nativas e espécies frutíferas.

Recursos naturais como esses aguardam ainda um maior interesse do povo e do governo brasileiros pela pesquisa científica e pelo desenvolvimento de tecnologias adequadas à sua utilização racional. Enquanto isso não ocorre, os cerrados vêm sendo rapidamente devastados, para o aproveitamento de seus solos no cultivo de soja e outros cereais. Tal forma de aproveitamento dos recursos naturais propiciados pelo cerrado é imediatista e irracional. É preciso atentar para a necessidade de conservação dos outros recursos que ele oferece e que, uma vez extintos, o serão para sempre.

Ver nos cerrados apenas uma grande extensão de solos adequados à expansão agrícola é uma visão estreita e pobre, diante de todo o potencial que a natureza ali oferece. É uma insensatez destruir, em troca de algumas toneladas a mais de soja, toda





FIGURA 2. O cerrado apresenta diferentes fisionomias, dependendo da presença e do tamanho de arbustos e árvores.



FIGURA 3. Distribuição dos cerrados no Brasil. A grande área contínua corresponde à área nuclear.

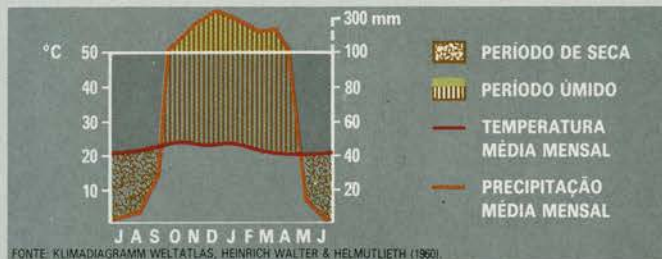


FIGURA 4. Clima tropical típico da área dos cerrados. O gráfico baseia-se em dados meteorológicos apurados durante 19 anos no município goiano de Paranã (260 metros de altitude). A média anual de precipitação é de 1 580 mm e a de temperatura é de 22,8°C (amplitude média diária de temperatura: 20,2°C). A média das máximas do mês mais quente é de 35°C (máxima absoluta do mês mais quente: 40,6°C) e a média das mínimas do mês mais frio é de 8,9°C (mínima absoluta do mês mais frio: 2,8°C).

uma flora e uma fauna que ainda mal conhecemos. Ali podem estar presentes, além das plantas forrageiras já identificadas, espécies de excelente valor alimentar para o homem e outras cujo estudo fitoquímico permitiria a pesquisa de medicamentos contra o câncer, a AIDS e tantas doenças que afligem a humanidade e ameaçam o seu futuro. Por que desperdiçar todo esse potencial gênico elaboradíssimo, que levou milhões de anos para evoluir e que não teremos condições de recriar?

Tão grave quanto a devastação dos cerrados é a absoluta falta de controle do processo de ocupação e do que ainda nos resta daqueles recursos naturais. Pode-se afirmar que tal devastação já se encontra em fase bem mais adiantada que a da Amazônia: apenas 1,5% das áreas de cerrado está protegido por unidades governamentais de conservação. É urgente incrementar sua proteção pela implantação de mais parques nacionais, reservas biológicas e estações ecológicas, em diferentes regiões do país.

A maior parte dos cerrados desenvolve-se sob clima tropical. As médias mensais de temperatura não variam muito no decorrer do ano, mas a distribuição das chuvas apresenta acentuada variação durante as estações (figura 4), concentrando-se nos meses de novembro a março. De maio a setembro ocorre um período de seca que coincide com os meses mais frescos do inverno. A curta duração e a intensidade média desse período permitem incluir a maioria dos cerrados, segundo a classificação internacional das savanas, no grupo das savanas tropicais úmidas.

Para as plantas do estrato herbáceo/subarbustivo, que de um modo geral apresentam raízes superficiais distribuídas logo nos primeiros 10-20 cm de solo, o período de

estresse hídrico acaba provocando o dessecamento e a morte de suas partes aéreas. Por desenvolverem raízes bem mais profundas, que exploram camadas permanentemente úmidas do solo, a cinco, dez ou até 20 metros de profundidade, os arbustos e as árvores não sofrem os mesmos efeitos de forma tão significativa. Prova disso é que elas rebrotam, crescem e muitas vezes florescem em plena estação seca.

A senescência e a queda das folhas das árvores e arbustos, que ocorrem antes do rebrotamento observado nessa época do ano, possivelmente se explicam por motivos térmicos e/ou fotoperiódicos (relacionados com a duração do período diurno, encurtado no inverno) e não pelo estresse hídrico. Temperaturas mínimas absolutas positivas, mas inferiores a 10°C, costumam acelerar o processo de envelhecimento de toda a folhagem do cerrado, inclusive das herbáceas. Também a ocorrência de geadas, às vezes no início do inverno, provoca rápido e intenso desfolhamento das árvores e dos arbustos, bem como o dessecamento e a morte da fitomassa aérea das ervas e subarbustos. Com o acúmulo de toda essa folhagem seca sobre o solo, aumentam os riscos de incêndio no cerrado.

A baixa fertilidade dos solos sob cerrado é conhecida desde os tempos em que se iniciou a ocupação de nossas terras interiores. Até há algumas décadas, ninguém oferecia nada por um alqueire de cerrado. As antigas fazendas eram valorizadas pelas férteis terras de mata que possuíam. Os cerrados não se prestavam para a agricultura e a única forma de tirar algum proveito deles era a extração de lenha e a pecuária extensiva com gado mais rústico, como o caracu e o zebu.

Com o esgotamento das áreas de mata, a expansão das fronteiras agrícolas, a pesquisa agrônômica e o desenvolvimento da indústria de fertilizantes, os solos sob cerrado passaram a ter grande procura, por se tratar de terra barata, facilmente mecanizável, próxima dos principais centros consumidores e com extensão considerável, o que permite a formação de grandes propriedades. Muito capital foi e continua sendo investido para transformar os cerrados em plantações de soja e outros cereais.

O problema do aproveitamento dos solos sob cerrado reside muito mais em suas propriedades químicas do que em sua natureza física. De um modo geral, eles apresentam boa topografia, pois são bastante planos ou suavemente ondulados. Profundos e destituídos quase por completo de esqueleto pedregoso, eles facilitam o uso de máquinas agrícolas. Há, é claro, áreas onde a presença de canga (concreções formadas por hidróxido de ferro) na superfície ou a pequena profundidade impede, por simples razões mecânicas, o aproveitamento agrícola. Quanto à textura, os solos são mais freqüentemente areno-argilosos ou argilo-arenosos, com razoáveis graus de permeabilidade, porosidade e arejamento.

Acidez elevada, baixa capacidade de troca catiônica (capacidade do húmus e das argilas de permutarem íons positivos com a solução aquosa do solo), baixa soma de bases e alta saturação por alumínio são algumas das características químicas que determinam a pobreza nutricional dos solos do cerrado. Sério problema é a alta proporção do íon alumínio, bastante tóxico para grande parte das espécies cultivadas. Com a aplicação de calcário e a adubação com os macro e micronutrientes necessários, tais características podem ser corrigi-





FOTOS CEDIAS PELO AUTOR

FIGURA 5. Cultura de abacate em região de cerrado.

das: eleva-se o pH, reduz-se o nível de alumínio e o solo se enriquece com os elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das culturas, propiciando colheitas fartas e lucrativas (figura 5). Se for realizada irrigação, no período de seca e nos poucos dias de veranico de janeiro, é possível obter até duas boas safras por ano.

A flora nativa dos cerrados está adaptada a esses solos pobres, ditos distróficos ou oligotróficos. Suas plantas não apresentam, tanto quanto se percebe, sinais de deficiências nutricionais. Algumas análises do teor mineral de seus órgãos não indicaram valores muito abaixo do normal nas plantas em geral. As espécies de cerrado certamente dispõem de mecanismos eficientes que lhes permitam sobrepujar as dificuldades nutricionais do solo e absorver o que é essencial para sobreviver.

No entanto, essa limitação nutricional dos solos é considerada importante fator determinante dos cerrados, em muitas de suas áreas de distribuição. Para que as plantas construam toneladas de folhas, troncos e raízes por hectare, edificando a grande biomassa que caracteriza uma floresta tropical, é necessário que dezenas de quilos de nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio, magnésio e outros elementos estejam disponíveis, naquele mesmo hectare. Embora o clima ali predominante permita a existência de densas florestas, com árvores de até 50 metros de altura e quatro metros de diâmetro, a pobreza nutricional do solo pode impedir o desenvolvimento desse tipo de vegetação, determinando a presença apenas de cerrados.

A questão das queimadas é um aspecto da ecologia dos cerrados que tem sido abordado, sem qualquer embasamento científico experimental, por diversos autores. Para examiná-la adequadamente, seria necessário realizar queimadas experimentais, e é crime queimar intencionalmente. Nossas instituições conservacionistas têm muito receio de autorizar queimadas em suas reservas e parques, mesmo em áreas restritas e para fins científicos. Por isso sabemos muito pouco sobre os efeitos do fogo nos cer-

rados e matas, embora sejamos uma das nações que mais queima sua vegetação natural.

Apesar das dificuldades, nos últimos 20 anos conseguimos realizar algumas queimadas experimentais em áreas de cerrado pertencentes ao Ministério da Agricultura, no município de Pirassununga (SP), e assim conseguimos levantar alguns dados quanto aos efeitos do fogo sobre o solo e a vegetação. Algumas pesquisas recentes desenvolvidas na Universidade de Brasília também incluíram observações sobre o fogo no cerrado, colhidas em incêndios acidentais.

Uma pergunta que surge com frequência quando se discutem as queimadas é a sua origem: existem queimadas naturais ou todas são provocadas pelo homem? Hoje em dia, sem dúvida, a maioria das queimadas é provocada, direta ou indiretamente, pelo homem, seja o agricultor, para abrir novas frentes agrícolas, ou o pecuarista que, para obter forragem fresca para o gado, queima o capim seco no inverno para forçá-lo a rebrotar. Há queimadas intencionais, com o objetivo de controlar o adensamento de arbustos, eliminar plantas tóxicas ou combater carrapatos, por exemplo. E há também queimadas de caráter criminoso, quase sempre motivadas pela ambição da ocupação de terras. Existem ainda queimadas acidentais, causadas pelas pequenas fogueiras dos caçadores, pelos balões durante as festas juninas etc. Quanto aos fumantes, experimentos mostram não ser o toco de cigarro que inicia os incêndios, mas o palito de fósforo jogado ainda aceso no chão.

As queimadas naturais podem ter causas diversas: vulcanismo, descargas elétricas, atrito entre rochas por movimentos da crosta ou queda de matações (grandes pedras), em zonas escarpadas. As descargas elétricas representam a causa mais importante, como prova farta documentação relativa às florestas temperadas, aos chaparrales da Califórnia, às savanas na África do Sul e na Austrália etc. É bastante provável que esse tipo de incêndio também aconteça nos cerrados, mas com menor frequência. O diretor do Parque Nacional das

Emas, Antônio Malheiros da Cruz, informa já ter observado, algumas vezes, queimadas naturais iniciadas por raios, mas elas não foram documentadas cientificamente.

Incêndios de vegetação sempre existiram na face da Terra. Há indícios de que ocorreram naturalmente, atingindo extensas florestas, na era paleozóica, há milhões de anos. No Pleistoceno, há cerca de 500 mil anos, o *Homo erectus* já sabia usar e controlar o fogo. O homem neolítico da Europa boreal se servia dele para abrir clareiras nas florestas de pinheiros.

Escavando uma trincheira nos cerrados de Pirassununga, encontrei acidentalmente fragmentos de carvão vegetal a cerca de dois metros de profundidade. Pelo método do carbono 14, a idade dos fragmentos foi determinada como de 8 600 anos, o que prova que, naquela área, o fogo já estava presente. Ainda hoje, os índios realizam queimadas para o manejo das roças, para a caça e até mesmo para a guerra. Os Kadiwêu as faziam durante a seca, acreditando que elas atrairiam a chuva.

Do ponto de vista ecológico, vários aspectos de uma queimada devem ser considerados. Há três tipos de fogo ou incêndio: o de copa, de maior intensidade e mais comum nas florestas, no qual o fogo se alastra de uma copa de árvore para outra; o de palha, frequente nas vegetações mais abertas, em que o estrato graminoso é o principal agente do alastramento das chamas (figura 6); e o de manta, no qual a vegetação propriamente dita não é atingida, mas sim a manta ou serrapilheira acumulada sobre o solo, que se queima lentamente. Nos cerrados, as queimadas mais comuns são de manta ou de copa, mas nos outros tipos de cerrado predominam os incêndios de palha.

Outro fator a considerar é o vento, que influencia a propagação do fogo. Quando se alastram na mesma direção que o vento, as chamas são mais rápidas e seu efeito tende a ser menos intenso; quando avançam contra o vento, a queima é mais lenta e atinge por vezes temperaturas mais elevadas. A altura das labaredas, as temperaturas, o grau de combustão da biomassa



FIGURA 6. Na estação seca, o fogo transforma o capim em cinza, deixando o cerrado com aspecto desolado.



são parâmetros que devem ser considerados na avaliação dos efeitos do fogo.

De extrema importância ecológica é o regime das queimadas, isto é, a frequência e a época em que são realizadas. Obviamente, para o ecossistema, não é a mesma coisa queimar-se a vegetação a cada dois anos, a cada cinco ou a cada dez. Além disso, de acordo com a época, serão destruídas estruturas que variam conforme o estágio de desenvolvimento dos indivíduos. Queimar uma planta quando ela está em flor tem efeito diferente de queimá-la quando já produziu seus frutos e já dispersou suas sementes, assegurando assim a reprodução da espécie. Normalmente os cerrados são queimados em agosto, embora queimadas acidentais possam ocorrer até mesmo durante o veranico de janeiro, como este ano, no Parque Nacional das Emas.

Um dos efeitos das queimadas é a imediata elevação da temperatura local. Durante uma queimada de campo sujo, realizada no Distrito Federal pela aluna de pós-graduação Helda Lenz Cesar, da Universidade de Brasília, a temperatura do ar, no ponto máximo das chamas, atingiu valores da ordem de 800°C. Quanto às medições feitas no solo, bem próximo à superfície, os poucos dados existentes têm variado muito de uma determinação para outra e de autor para autor. Na mesma experiência, Helda Cesar encontrou um valor máximo de 280°C, enquanto em Pirassununga obtivemos apenas 74°C (figura 7). Essas variações podem e devem mesmo ocorrer, pois dependem da intensidade do fogo, que por sua vez irá variar em função da fitomassa combustível existente, da velocidade e da direção do vento, do grau de umidade do solo e de outros fatores.

Em pequenas profundidades, de dois a cinco centímetros abaixo do nível do solo, a temperatura se eleva apenas em alguns graus. A camada superficial funciona como um perfeito isolante térmico, protegendo os sistemas subterrâneos das plantas. Graças a isso essas estruturas conseguem sobreviver e rebrotar poucos dias depois da passagem do fogo.

Outro efeito das queimadas, de grande importância ecológica para os cerrados, é a aceleração da remineralização da biomassa e da transferência dos nutrientes minerais nela existentes para a superfície, sob a forma de cinzas. Em um campo cerrado, estimamos que cerca de 300-400 quilos de cinzas são depositados sobre o solo, por hectare, após uma queimada. Esta cinza, como se sabe, é constituída por óxidos de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg) e outros elementos essenciais.

Para um ecossistema de solos tão pobres como o cerrado, a deposição das cinzas representa preciosa fonte de nutrientes. Em tese de doutorado na Universidade de São

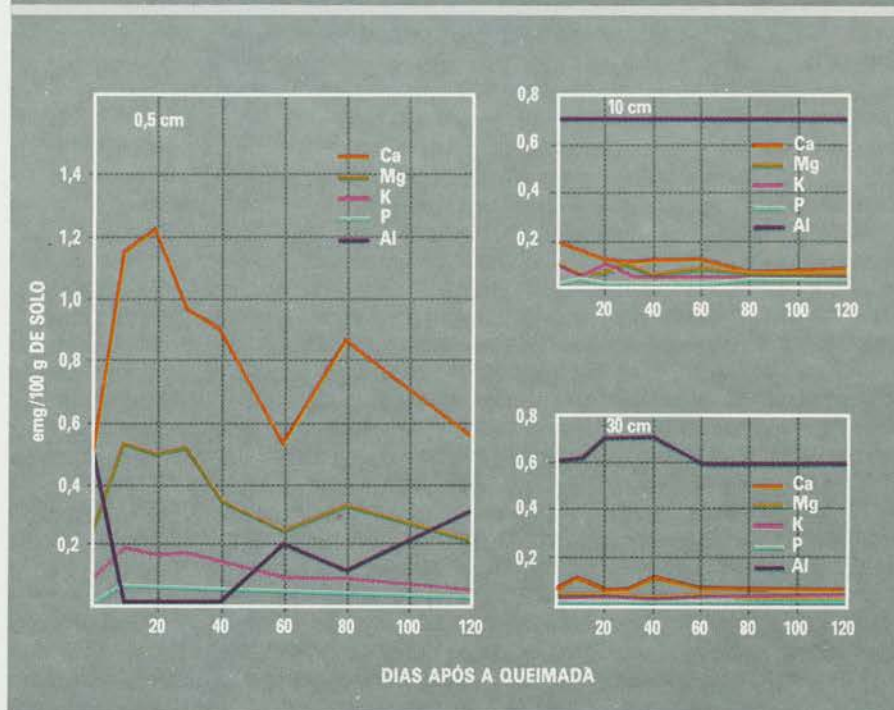
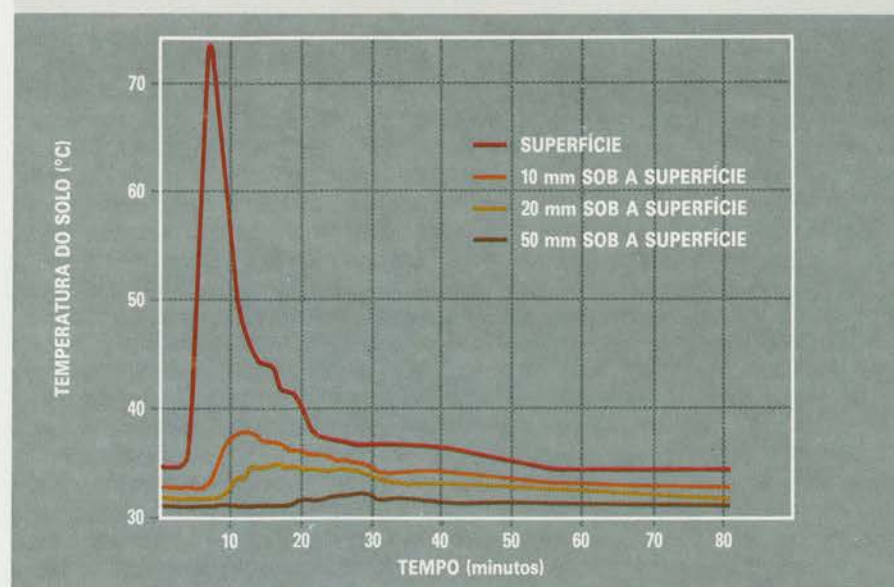


FIGURA 7. Variação da temperatura do solo em diferentes profundidades, durante a passagem do fogo. FIGURA 8. Variação do teor de nutrientes minerais e alumínio no solo, após queimada, em três profundidades diferentes.

Paulo, Laise de Holanda Cavalcanti mediu a variação da quantidade de alguns nutrientes minerais no solo, depois de uma queimada, constatando que após 20, 40, 60 dias, o enriquecimento superficial tendia a desaparecer (figura 8).

O estudo mostrou ainda que os nutrientes não eram lixiviados para profundidades muito além de 20-30 centímetros, onde a quantidade medida de cada um não variava significativamente, e que o alumínio iônico desaparecia das camadas superficiais logo após a passagem do fogo, reaparecendo lentamente depois de 40 dias. Tais resultados sugerem que os nutrientes depo-

sitados com as cinzas são reabsorvidos durante esse tempo pelas plantas predominantes no estrato herbáceo, que possuem sistemas radiculares mais superficiais.

Com base nessas observações, formulase a seguinte hipótese: ao incinerar estruturas tanto do estrato herbáceo/subarbus-tivo quanto do arbóreo/arbus-tivo e depositar suas cinzas sobre o solo, o fogo estaria de fato transferindo nutrientes de um estrato para o outro, visto que árvores e arbustos têm sistemas radiculares bem mais profundos. A hipótese necessita, contudo, de confirmação experimental. Se comprovada, explicaria em parte por que as quei-



mas freqüentes acabam por abrir as formas mais densas de cerrado, transformando-as em campos sujos ou campos limpos.

As saúvas parecem exercer um papel antagonístico ao do fogo: elas cortam e utilizam pedaços das plantas daqueles dois estratos e depois levam os resíduos do formigueiro para 'panelas de lixo' (cavidades usadas como depósito de rejeitos, a vários metros de profundidade), onde esse material se decompõe, liberando os nutrientes minerais. Àquela profundidade, somente as raízes das árvores e arbustos são capazes de reciclar tais nutrientes. Assim, as saúvas beneficiariam esse estrato do cerrado em detrimento das ervas e subarbustos (figura 9).

São elos como estes, entre saúvas, fogo, estratos de vegetação e outros fatores, que a pesquisa ecológica permite descobrir. É através desse emaranhado de correlações que a ecologia consegue compreender o funcionamento de um ecossistema, capacitando-se a propor formas adequadas de manejo. Realizar tais pesquisas é condição fundamental para a prática de um conservacionismo com bases científicas e não apenas emocionais.

Durante uma queimada, nem todos os nutrientes vão obrigatoriamente para a superfície do solo, sob forma de cinzas. Grande parte é perdida para a atmosfera como fumaça. Em sua dissertação de mestrado na USP, Vânia Regina Pivello verificou, em

seis queimadas, que quase todo o nitrogênio e praticamente a metade do fósforo, do potássio, do cálcio, do magnésio e do enxofre são transferidos da biomassa para a atmosfera (figura 10). Eles acabam, no entanto, retornando ao solo pela ação da gravidade ou da chuva.

| NUTRIENTE | kg.Ha <sup>-1</sup> | % DO TOTAL PRESENTE NA FITOMASSA |
|-----------|---------------------|----------------------------------|
| N         | 20,6                | 95                               |
| P         | 1,6                 | 51                               |
| K         | 7,0                 | 44                               |
| Ca        | 12,0                | 52                               |
| Mg        | 2,9                 | 42                               |
| S         | 3,2                 | 59                               |

FIGURA 10. Perda de nutrientes para a atmosfera, durante uma queimada de campo cerrado.

Quantificando-se esse processo, foi possível estabelecer que o retorno se deu ao fim de três anos. Isso indica que, se naquele cerrado de Pirassununga as queimadas fossem feitas em intervalos de três anos, o *pool* de nutrientes do ecossistema possivelmente não seria afetado. Intervalos menores causariam empobrecimento de todo o ecossistema. Curiosamente, o cabloco, nascido e criado no cerrado, sabe disso, explicando que não queima o pasto com maior freqüência "porque ele enfraquece".

Quanto aos efeitos bióticos do fogo no cerrado, um dos mais notáveis é sua ação transformadora da fisionomia e da estrutura da vegetação. Esse fato já havia sido notado no século passado por Auguste Saint-Hilaire, ao viajar pelo interior do Brasil. Peter Wilhelm Lund, o mesmo que descobriu o homem das cavernas da Lagoa Santa (MG), dizia: "Foram as queimas que transformaram as catandubas (termo tupi para cerradões) em cerrados e campos limpos, e essas queimas não são particulares da população imigrada, mas já eram praticadas pelos índios muito tempo antes."

Felix Rawitscher, primeiro catedrático de Botânica da USP, atribuiu a escassez de vegetação nos cerrados meridionais não à falta d'água, mas às queimadas anuais. Em dissertação de mestrado para a Universidade de Brasília, Alba Evangelista Ramos demonstrou com dados quantitativos que o fogo provoca diferentes danos às árvores do cerrado, desde o murchamento e a desfolha das copas até a morte total de ramos e troncos. Assim, queimadas freqüentes reduzem substancialmente a manutenção e renovação de árvores, cuja densidade diminui progressivamente. Por esse motivo, quando submetidos a queimadas freqüentes, os cerradões acabam por se abrir e se transformar em campos sujos ou campos limpos.

As espécies do estrato herbáceo/subarbustivo do cerrado se adaptam melhor ao

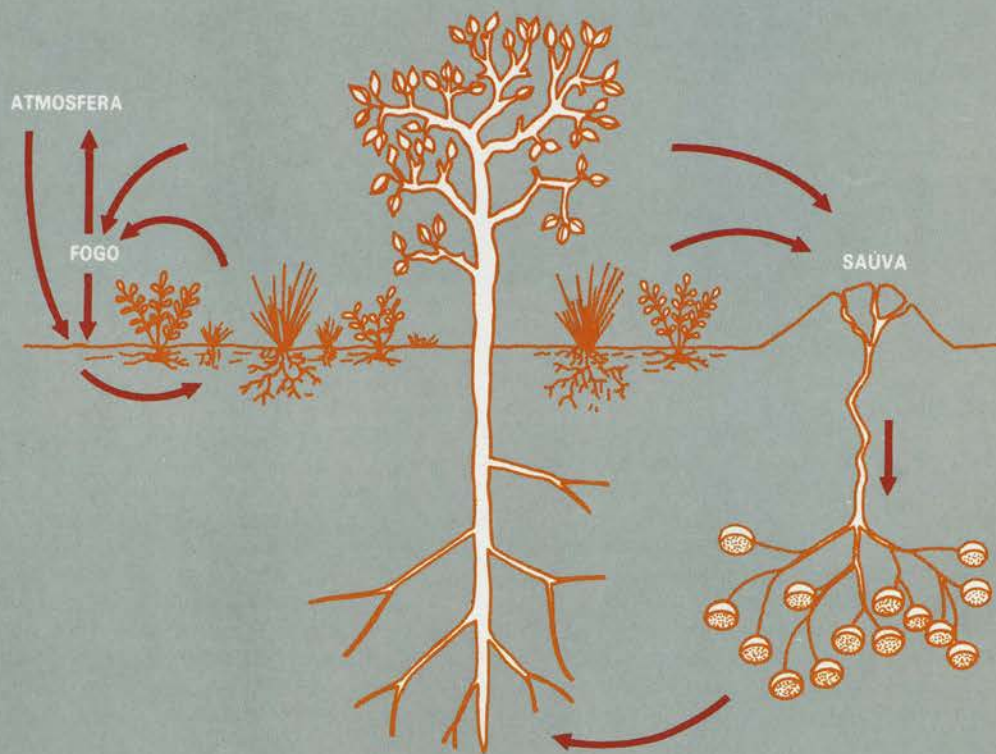


FIGURA 9. Modelo das relações saúva/fogo/ciclagem de nutrientes.





FIGURA 11. Galho de pequi (Caryocar brasiliense) com acentuada tortuosidade, característica das árvores do cerrado.

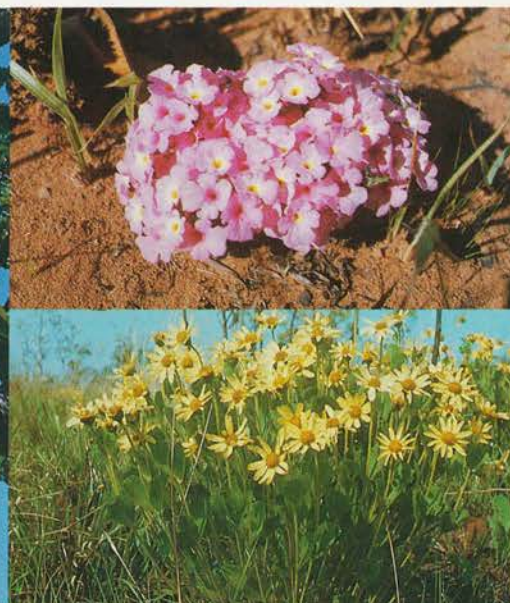


FIGURA 12. Muitas espécies do cerrado, como *Lantana montevidensis* (a) e *Calea cuneifolia* (b), florescem após a queimada.

fogo do que as do estrato arbóreo/arbus-tivo. A reincidência de queimadas em áreas de cerradão acaba provocando sua savani-zação e transformação final em campos limpos. Desta forma, em paralelo às mu-danças fisionômicas da vegetação, esta 'se-leção pelo fogo' produzirá mudanças fito-sociológicas. Ao contrário, a proteção de áreas de campo sujo contra o fogo tem le-vado à sua transformação em tipos mais densos de cerrado, até mesmo em cerradão.

Este é o resultado que se observa hoje em outro experimento instalado em Piras-ununga, há cerca de 44 anos. Áreas pro-tegidas há menos tempo, na fazenda Cam-pininha, em Mogi-Guaçu (SP) e na Reser-va Ecológica do IBGE, no Distrito Federal, parecem seguir o mesmo caminho. No en-tanto, outros fatores ambientais, como a extrema pobreza nutricional do solo, a pre-sença de couraças lateríticas superficiais, que impermeabilizam o solo e dificultam a penetração das raízes, podem deter o pro-cesso de mudança fisionômica, determinan-do a estabilização de uma comunidade vegetal.

Característica notável das árvores do cer-rado, que poderia ser explicada pelo fogo, é a sua pronunciada tortuosidade (figura 11), sobretudo nos campos sujos e campos cerrados, onde é maior a incidência de quei-madas. Nos cerrados densos e nos cerra-dões, as árvores são mais retilíneas. O me-canismo responsável pela tortuosidade pa-rece ser o fato de que os troncos e ramos resistem melhor ao fogo graças à espessa camada de cortiça que os recobre. Se o bro-to terminal, mais exposto, vier a morrer, surgirão brotos laterais, que darão conti-nuidade ao crescimento. Assim, sucessivas

queimadas provocariam sucessivos rebro-tamentos laterais, determinando o desen-volvimento de formas tortuosas.

É impressionante a rapidez e o vigor com que certas árvores do cerrado emitem no-vos brotos logo após a queimada. Bastam poucas semanas para que fiquem novamen-te copadas e muito verdes. O barbatimão é um bom exemplo dessa incrível capaci-dade regenerativa. No estrato herbáceo/su-barbustivo também vamos encontrar esse crescimento vigoroso após a queima. Em alguns dias seus órgãos subterrâneos reco-mecem a brotar. Curiosamente, muitas dessas espécies iniciam o rebrotamento com a produção de flores. Pouco tempo após a passagem do fogo, o cerrado se transfor-ma num verdadeiro jardim, onde as dife-rentes espécies vão florescendo em seqüên-cia (figura 12).

Esse efeito do fogo, de estimular ou in-duzir à floração muitas espécies herbáceas e subarbustivas, nem sempre é exercido através de estímulo térmico, como se po-deria pensar. Em muitos casos, é a elimi-nação total da parte aérea das plantas que as faz florescer. A resposta floral ao fogo tem importante papel para as populações que assim se comportam, pois, ao sincro-nizar a produção de flores, permite a poli-nização cruzada. Se não houver queima, ou essas plantas não florescem, ou o fazem com muito menor intensidade e de forma não sincronizada. Muitas espécies do cer-rado têm suas sementes dispersas pelo ven-to. Ao eliminar a palha seca, que se acu-mula sobre o solo, o fogo ajuda a propa-gação dessas espécies, pois remove a ma-rega que impede ou embaraça o desloca-mento das sementes.

Após uma queimada, os insetos poli-nívoros e nectarívoros se beneficiam da res-posta floral das plantas, nas quais encon-tram grande disponibilidade de pólen e néctar. Algum tempo depois, essas flores pro-duzirão frutos e sementes, que alimentarão outros animais. O próprio rebrotamento vegetativo é de grande importância para aqueles que se alimentam de folhas e bro-tos tenros, como o veado-campeiro. Por is-so, a densidade desses animais é maior nas áreas queimadas, que funcionam para eles como um oásis em plena estação seca.

Por esse motivo, o manejo adequado do fogo em nossas reservas de cerrado pode constituir eficiente meio para preservação dessa fauna. Queimadas em rodízio, em parcelas pequenas e com regimes adequa-dos, reduziriam os riscos de grandes quei-madas acidentais, permitiriam às plantas completar seus ciclos biológicos, acelera-riam a ciclagem dos nutrientes minerais e aumentariam a produtividade dos ecossis-temas, além de suprir os animais com ali-mentos, durante os difíceis meses de seca.

Diz-se que a vegetação dos cerrados é constituída por espécies pirofíticas, isto é, adaptadas a uma condição ambiental que inclui a presença do fogo. Isso quer dizer que uma queimada em cerrado não causa o mesmo dano que causaria a uma floresta tropical úmida. Esta não tolera o fogo e morre completamente. Os cerrados são um tipo de ecossistema muito diferente da-quele das florestas amazônicas. Eles con-viveram com o fogo durante a sua evolu-ção. Nos cerrados, o fogo selecionou as es-pécies pirofíticas, que chegam a exigir a ocorrência de queimadas a intervalos de-terminados de tempo.



# O FOGO NA JUSTA MEDIDA

Sabe-se que o fogo não causa tanto prejuízo aos cerrados quanto às florestas tropicais úmidas, e que pode até contribuir para a renovação daqueles. Mas pouco se conhece a respeito das condições em que os incêndios são danosos ou vantajosos à vegetação dos cerrados. Só a queima experimental de áreas delimitadas, sob controle, permitirá estabelecer os efeitos dos diferentes regimes de queimadas e os impactos do fogo sobre o cerrado, fornecendo parâmetros para manter as áreas protegidas.

Os estudos nesse sentido começaram, na Universidade de Brasília, há quase dez anos, mas só em 1988 foi criado ali um programa integrado de pesquisa: o projeto Efeitos de Diferentes Regimes de Queimadas sobre a Estrutura Dinâmica das Comunidades do Cerrado, desenvolvido por 30 pesquisadores. As primeiras queimadas controladas aconteceram em 1989, nas reservas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Jardim Botânico de Brasília. Em maio de 1991 serão iniciadas queimadas de maiores proporções, em 400 hectares do Jardim Botânico.

A queima acontecerá em espaços distintos e épocas diferentes, de acordo com as condições climáticas: no início da seca, simulando-se o fogo precoce (final de maio e começo de junho); em seguida no auge da seca (agosto); e logo após as primeiras chuvas será simulado o fogo tardio (final de setembro e início de outubro).

Uma das suposições que a pesquisa testará é a de que incêndios anuais provocam danos graves ao meio ambiente, enquanto

a queima feita a cada dois anos garante o crescimento de uma boa pastagem, como ensina o conhecimento empírico dos criadores de gado do cerrado. Segundo o biólogo Bráulio Ferreira de Souza Dias, coordenador do projeto, também será testada a idéia de que o fogo de quatro em quatro anos evitaria o acúmulo excessivo da biomassa combustível (folhas e gravetos secos depositados no solo), que facilita as queimadas acidentais, e possibilitaria o crescimento aéreo de certas plantas.

O grupo envolvido com a pesquisa contesta a teoria de que a total supressão do fogo é a melhor estratégia de preservação. "Isso pode ser bom para o Sul do país e para as florestas úmidas, mas para o cerrado não passa de uma utopia", comenta Bráulio Dias, professor da UnB e pesquisador do IBGE. O conhecimento atual parece confirmar suas palavras: o cerrado reúne condições que o tornam propenso a ser atingido naturalmente pelo fogo, o que hoje acontece com mais facilidade em virtude das atividades ali desenvolvidas.

Acredita-se que, antes da chegada dos índios, os raios eram as principais fontes de ignição natural do cerrado, em cujo subsolo existe carvão com várias idades (em algumas coletas foram encontradas amostras com até 40 mil anos). Com a presença dos índios, na região há pelo menos dez mil anos, o cerrado passou a ser submetido a queimadas intencionais para o plantio de roças. A partir do século XVI, os colonizadores portugueses continuaram a prática em suas fazendas, promovendo queima-

das de limpeza para instalar pastagens e plantações.

Sobretudo após a construção de Brasília, porém, a ocupação do cerrado contribuiu para que a frequência e a intensidade dos incêndios atingissem níveis incompatíveis com a preservação ambiental. O Parque Nacional de Brasília e o Parque Nacional das Emas, por exemplo, sofrem incêndios quase todos os anos. A supressão total do fogo, por outro lado, poderia provocar a redução do patrimônio genético do cerrado, eliminando grande número de espécies que dependem das queimadas. Bráulio Dias defende a busca de uma frequência intermediária de queimadas, que permita a maximização das espécies, evitando-se os incêndios acidentais e preservando os cerrados de forma correta.

Ele lembra a experiência dos Estados Unidos, onde, de 1910 a 1970, tentou-se a política de supressão dos incêndios, sem sucesso. Após vultosos gastos com a proteção das sequóias, verificou-se que suas sementes dependem do fogo para germinar. Para preservar o Parque Yellowstone (já atingido por um incêndio que consumiu um milhão de hectares e 120 milhões de dólares), adota-se hoje a prática de queimadas controladas periódicas para consumir a biomassa acumulada, que favorece incêndios descontrolados e devastadores.

MARGARETH, MARMORI  
CIÊNCIA HOJE, BRASÍLIA

É claro que as várias formas fisionômicas de cerrado não têm as mesmas exigências. O cerradão, floresta de tipo estacional, é pouco tolerante às queimadas. Assim, se quisermos preservá-lo, não devemos usar fogo. Já um campo sujo ou um campo limpo podem necessitar das queimadas para sua estabilização e conservação.

São insuficientes as pesquisas do efeito do fogo sobre a fauna dos cerrados. O número de vertebrados de maior porte encontrados mortos logo após as queimadas acidentais não é tão grande quanto se imagina. Após a desastrosa queimada do Parque Nacional das Emas, em 1988, apenas um tamanduá fêmea e seu filhote foram encontrados mortos, os mesmos que apareceram na televisão e nos jornais. Ao que parece, os animais fogem para as veredas e as matas de galeria, se escondem em buracos no solo ou, no caso das aves, voam para áreas já queimadas.

Como não se tem um conhecimento satisfatório do tamanho das populações desses animais dentro da área, torna-se difícil afirmar se o número de indivíduos mortos pelo fogo tem ou não alguma significân-

cia em termos de dinâmica populacional. Nem sequer sabemos se essas populações estão crescendo, em decorrência da proteção, ou diminuindo, em consequência de doenças, caça, consangüinidade ou outros motivos. Admitir *a priori* que elas estão bem, simplesmente por estarem cercadas, pode ser a causa do seu fim.

Pesquisas nesse sentido são extremamente urgentes, a fim de que se possa manejar a fauna dos nossos parques nacionais com eficiência. Felizmente já existe consciência do problema. Na Reserva Ecológica do IBGE e do Jardim Botânico do Distrito Federal, um excelente projeto sobre o manejo do fogo terá início em 1991, numa área experimental de 300 hectares de cerrado, dividida em 30 parcelas. Serão analisados os efeitos de diferentes regimes de queimadas em dois tipos fisionômicos de vegetação.

Sob a coordenação do professor Bráulio F. de Souza Dias, o projeto pretende reunir especialistas de diversas instituições de ensino e pesquisa, a fim de constituir uma equipe multidisciplinar, capaz de investigar os mais diversos aspectos envolvidos na ecologia do fogo em ecossistemas

de cerrado (ver 'O fogo na justa medida'). Os resultados obtidos trarão, sem dúvida, subsídios valiosos para um melhor conhecimento desse bioma brasileiro e, em decorrência, para o manejo adequado de suas unidades de conservação.

## SUGESTÕES PARA LEITURA

COUTINHO L. M., 'As queimadas e seu papel ecológico', in *Brasil Florestal*, ano X, n.º 44, 1980.

COUTINHO L. M., 'Ecological effects of fire in Brazilian cerrado', in Huntley B. J. & Walker B. H. (ed.), *Ecology of Tropical Savannas*, in *Ecological Studies*, n.º 42, Berlin, Springer-Verlag, 1982.

KOSLOWSKI T. T. & AHLGREN C. E. (ed.), *Fire and Ecosystems*, Nova York, Academic Press, 1974.

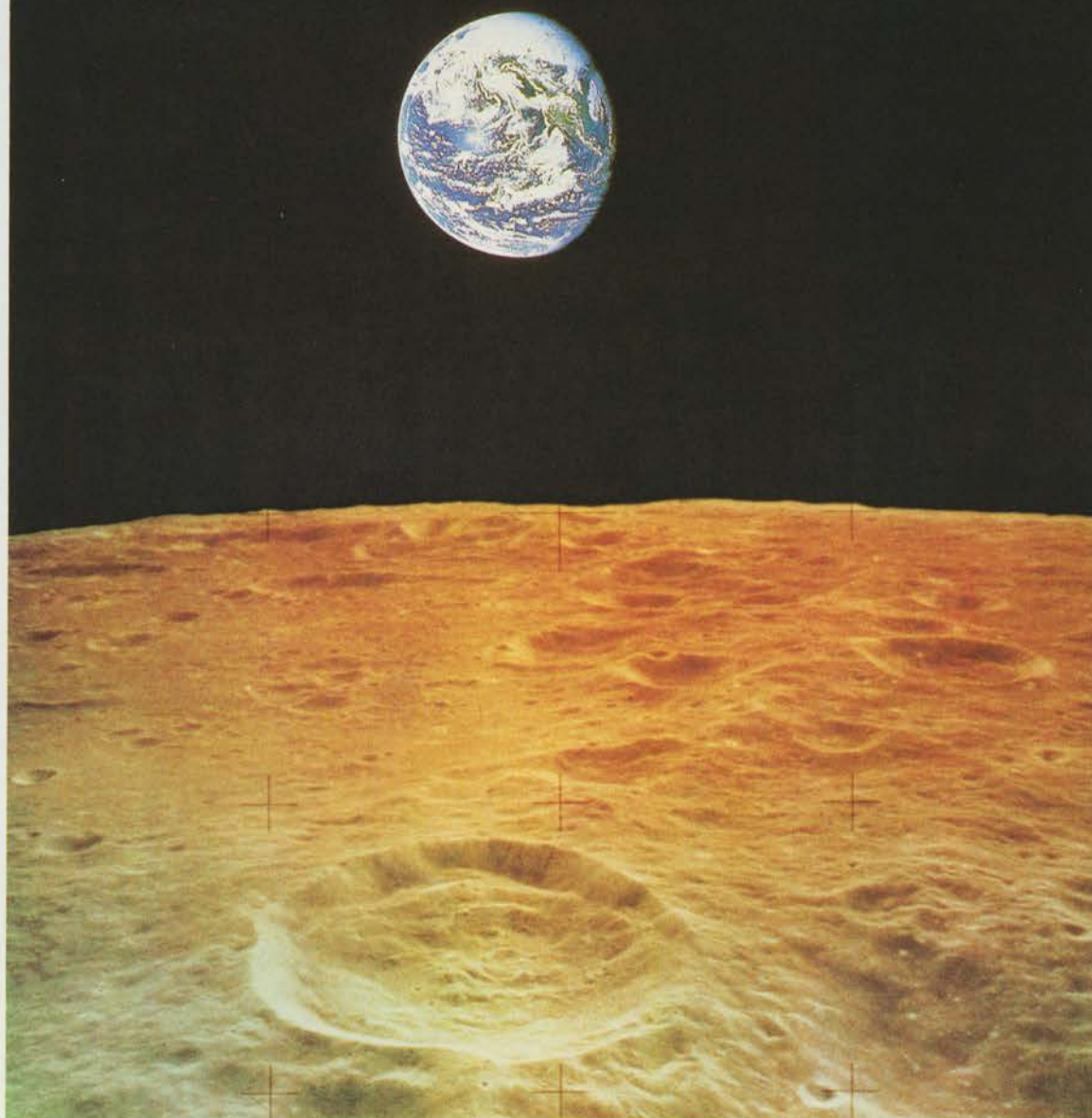
WARMING E., 'Lagoa Santa', in Warming E. & Ferri M. G., *Lagoa Santa e a vegetação de cerrados brasileiros*, São Paulo/Belo Horizonte, Edusp/Livraria Itatiaia Editora, 1973.

EDIÇÃO DE TEXTO RICARDO MENANDRO



SEMANA • DO • MEIO • AMBIENTE

# UMA SEMANA PARA SE PENSAR NA VIDA



CONSCIÊNCIA ECOLÓGICA:  
GARANTIA DE QUE A VIDA CONTINUA









# RESTAURAÇÃO DA FLORESTA EM PASTAGENS DEGRADADAS

**Christopher Uhl**

Centro de Pesquisa  
Agroflorestal da Amazônia  
Oriental, EMBRAPA  
Departamento de Biologia,  
Universidade Estadual da  
Pensilvânia, EUA

**Daniel Nepstad**

Centro de Pesquisa  
Agropecuária do Trópico  
Úmido, EMBRAPA  
Woods Hole Research Center,  
EUA

**José Maria Cardoso da Silva**

Departamento de Zoologia,  
Museu Paraense Emílio Goeldi,  
Belém, Pará

**Ima Vieira**

Departamento de Botânica,  
Museu Paraense Emílio Goeldi,  
Belém, Pará

Durante as últimas décadas, grandes áreas de florestas da bacia amazônica foram convertidas em pastagens. Em geral, essas pastagens permanecem produtivas apenas por um curto período, entre quatro e oito anos, antes de serem abandonadas. Já existem milhões de hectares de pastagens abandonadas na Amazônia. Geralmente, após alguns anos de abandono, essas áreas podem voltar à condição florestal, na forma de florestas secundárias, através do processo natural de sucessão ecológica. A taxa de regeneração da flora depende da duração e da intensidade do uso da terra. Nos casos de uso prolongado e abusivo, com queimadas frequentes, forma-se um novo tipo de vegetação: uma espécie de campo aberto, de pouco valor econômico.

As espécies florestais encontram muitas dificuldades para se estabelecer nessas áreas de campo aberto. Muitas espécies não apresentam sistemas de dispersão capazes de transportar suas sementes para as pastagens. E, mesmo que algumas sementes possam chegar, a probabilidade de elas serem devoradas por predadores, formigas e ratos, abundantes em pastagens degradadas, é muito alta. Isto sem considerar o estresse hídrico e a competição com outras espécies, fatores importantes que dificultam também o estabelecimento dessas árvores em ambientes de pastos abandonados. Felizmente, os sítios de difícil regeneração ainda são raros na Amazônia de hoje, mas, se os usos abusivos da terra e a aplicação indiscriminada do fogo continuarem na região, é possível prever um aumento substancial na extensão das áreas degradadas num futuro próximo.



Com o objetivo de desenvolver estratégias baseadas em princípios de baixa aplicação de insumos e alta informação biológica, que visem à recuperação da floresta em áreas degradadas, estão sendo feitas pesquisas interdisciplinares em pastos abandonados na Amazônia Oriental (figura 1). Para a implementação dessas estratégias, os homens precisam atuar como agentes dispersores de sementes das florestas para os pastos degradados. As espécies vegetais a serem dispersas necessitam, também, apresentar algumas condições indispensáveis, a saber: impalatabilidade das sementes, para não serem comidas pelos animais; grande porte, para que tenham bastante energia armazenada e possam competir, durante a difícil fase de estabelecimento, com a vegetação existente; exigir poucos nutrientes, para que possam crescer nos solos inférteis das pastagens abandonadas; capacidade de enraizamento profundo, para que possam buscar, no verão, a água armazenada nas profundezas do solo.

As fazendas são responsáveis por 70% da área desmatada na Amazônia, conforme relatório de pesquisa apresentado, em 1985, por J.O. Browder para o World Resources Institute, intitulado *Subsidies to deforestation and the forest sector in the Brazilian Amazon*. Ainda não se podem determinar os efeitos que o desmatamento da Amazônia está causando no fluxo e armazenamento de água, carbono, nitrogênio e energia, mas se sabe que os efeitos potenciais são enormes. Para que haja conservação e regulação das funções exercidas pela floresta amazônica e sua extraordinária diversidade biológica, as estratégias devem considerar, além da preservação das reservas florestais puras, a restauração das áreas de florestas que foram desmatadas.

A questão principal deste trabalho é saber como manejar ecossistemas já perturbados, para que eles, em vez de se degradarem ainda mais, consigam recuperar-se. Analisando a regeneração natural de pastagens abandonadas na região de Paragominas, demonstramos que hoje, na maioria dos casos, as pastagens abandonadas voltam à condição de florestas. Há, entretanto, a tendência de que parte da paisagem se transforme em campos estáveis, dominados por ervas e gramíneas sem valor econômico. Isto acontecerá se continuarem a excessiva pressão sobre a terra e o uso indiscriminado do fogo. A ênfase deste trabalho está centrada nas estratégias de recuperação de áreas degradadas para repor a cobertura florestal. A outra alternativa, reformar as pastagens degradadas com a adoção de pastejos e técnicas de manejo mais adequadas às condições regionais, não será discutida aqui, embora seja também uma alternativa válida.

## A HISTÓRIA DA REGIÃO

A área que serviu de base a este estudo está localizada na Fazenda Vitória, a sete quilômetros ao norte da cidade de Paragominas, no estado do Pará. A média pluviométrica anual é de 1.750 mm. A precipitação média mensal, de julho a novembro, é menor do que 50 mm. O solo é um Oxisol (Haplustox), com 80% de caulinita e 20% de gibbsita.

A história de Paragominas (2° 55'S 47° 35'W) começa em 1959, quando dois investidores adquiriram 720 mil hectares de terras devolutas no Pará. Essas terras foram divididas em lotes de 3.600 ha e vendidos por todo o Brasil. Com a construção da es-

trada Belém—Brasília, os lotes se valorizaram muito e os primeiros compradores, provenientes de regiões tradicionalmente voltadas para a pecuária, orientaram a nova cidade para esse tipo de atividade. O nome Paragominas se refere à junção entre as terras do Pará, o gado de Goiás e a gente de Minas.

Convencido pelos relatos e propagandas de vigorosas produções de gramíneas, nos primeiros anos após a conversão da floresta em pastagens, o governo federal encorajou a formação de novos pastos em áreas dominadas por florestas, tal como Paragominas. O instrumento utilizado foi a concessão de incentivos fiscais. Atualmente, Paragominas se caracteriza por uma alta concentração de terra nas mãos de poucos proprietários. Metade dos estabelecimentos agropastoris possuem até 100 ha e ocupam apenas 3% da área total explorada, enquanto a outra metade é representada por propriedades maiores do que 100 ha, ocupando 97% da área total. Extensas áreas de florestas foram convertidas em pastagens. Os resultados desses processos, entretanto, têm sido, geralmente, desfavoráveis. Em 1988, 25% da área total do município já estava desmatada.

A produção de gramíneas declinou dramaticamente, após um período que variava de quatro a oito anos após o desmatamento; a invasão de ervas daninhas, os baixos níveis de fósforo no solo e a alta carga de animais por unidade de área resultaram numa rápida degradação, seguida por abandono, de muitas pastagens.

## O RESTABELECIMENTO FLORESTAL

Será possível estabelecer espécies florestais em pastagens abandonadas na Amazônia? E, em caso positivo, a que taxa? Para responder a essas questões, foram estudadas a composição vegetal, a estrutura e a acumulação de biomassa em 13 locais de floresta em Paragominas. Esses locais foram desmatados e queimados, utilizados como pastagens e depois abandonados. Nós classificamos os sítios de estudo em três grandes categorias, de acordo com a intensidade de uso (figura 2).

Na primeira categoria estavam as terras de uso leve, em locais com o estabelecimento precário de gramíneas, pouco pastejo e períodos curtos de uso (um quadro típico para aproximadamente 20% das pastagens na região). Na segunda encontravam-se as terras de uso moderado, em locais com bom estabelecimento de gramíneas, pastejo regular, capina freqüente e abandono final após período de seis a dez anos (típico para 70% das pastagens na região). E, finalmente, na terceira categoria estavam as



FIGURA 1. Uma pastagem recém-formada, com floresta atrás.



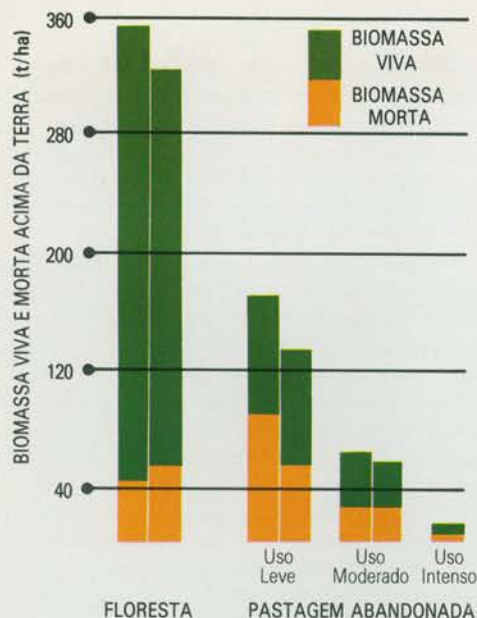


FIGURA 2. Total de biomassa viva e morta (peso seco em tonelada por hectare) em dois sítios de floresta virgem e em cinco de pastagens abandonadas há oito anos, sujeitas a três tipos de uso: leve (2 sítios), moderado (2) e intensivo (1), nos arredores de Paragominas, Pará.

terras de uso intenso, em locais com bom estabelecimento de gramíneas, pastejo intensivo, controle de ervas daninhas feito por máquinas e/ou herbicidas, e abandono final após um período de 12 a 20 anos (típico de 10% ou menos das pastagens na região).

Os pastos abandonados sujeitos a uso leve (quatro locais de estudo) apresentaram vigorosa regeneração florestal. A acumulação de biomassa acima do solo (figura 3) atingiu uma média de dez toneladas por hectare/ano ou 80 toneladas após oito anos (quase um terço dos níveis de biomassa das florestas maduras). A abundância de espécies arbóreas foi também alta: aproxima-



FIGURA 3. Pastagem sujeita a uso leve, oito anos após o abandono (80 t/ha de biomassa acima da terra).

damente 20 espécies de árvores estavam presentes em cada 100 m<sup>2</sup>, com muitos indivíduos originando-se através de brotação.

Os pastos abandonados sujeitos a uso moderado (seis locais de estudo) também desenvolveram características florestais, mas a acumulação de biomassa foi de apenas cinco toneladas por hectare/ano (metade do encontrado para locais de uso leve). Os indivíduos surgiram por brotação, por bancos de sementes ou através da chegada de sementes dispersas de outros locais. Ainda assim, a riqueza de espécies arbóreas foi mais baixa do que em locais de uso leve e o número de árvores foi menor.

As pastagens abandonadas sujeitas a uso intensivo (três locais de estudo) apresentaram padrões de sucessão bastante lentos (figura 4). O único local com oito anos de idade estava dominado por gramíneas e ervas, com menos de uma árvore por 100 m<sup>2</sup> e uma acumulação de biomassa acima do solo de apenas 0,6 tonelada por hectare/ano. Esse valor representa somente 6% daquele encontrado em locais de uso leve. A maioria das plantas colonizadoras estabeleceu-se por meio de sementes dispersadas de outros locais. Essas terras de regeneração vagarosa eram dominadas por gramíneas rústicas (isto é, *Paspalum virgatum*, *P. paniculatum*, *P. millegrana*) e ervas (*Stachytarpheta cayennensis* e *Rolandra argentea*) com valor forrageiro baixo, que gradualmente substituíram as gramíneas forrageiras domesticadas, como o colônio (*Panicum maximum*) e os capins do gênero *Brachyaria*.

Em geral, os ecossistemas amazônicos podem, após perturbações de grande escala, como a conversão de florestas em pastagens, recuperar a estrutura florestal. Somente nos casos em que a terra vem sendo utilizada de forma muito abusiva por lon-

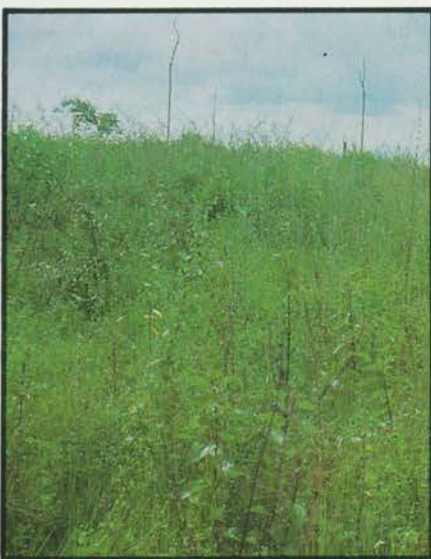


FIGURA 4. Pastagem sujeita a uso intensivo, oito anos após o abandono (menos de 5 t/ha de biomassa acima da terra).

gos períodos é que o reflorestamento natural é incerto. Até o momento, menos de dez por cento das pastagens da Amazônia Oriental atingiram esse nível de degradação. Entretanto, com a contínua pressão sobre a terra, as áreas com grandes dificuldades de regeneração podem se tornar mais extensas.

O maior problema das pastagens é a sua alta inflamabilidade. O fogo pode periodicamente fazer recuar os processos de restauração florestal (figura 5). Desse modo, ainda existe a possibilidade de que a região florestal de Paragominas seja reduzida, a longo prazo, a campos inúteis derivados do pasto. Esse processo já ocorreu noutras partes do mundo. O melhor exemplo é o da Indonésia, onde atualmente existem 200.000 km<sup>2</sup> de terras derivadas de pasto com *Imperata cylindrica* no lugar em que antigamente havia uma floresta de *Dipterocarpus*. A floresta amazônica, devido principalmente à elevada capacidade de brotação das espécies, parece não ser tão suscetível a substituições por gramíneas como a floresta da Indonésia. Mesmo assim, as terras de pastagens altamente degradadas devem ser reconhecidas como uma grande ameaça que pode se expandir na região e, como medida preventiva, cuidados imediatos devem ser tomados.

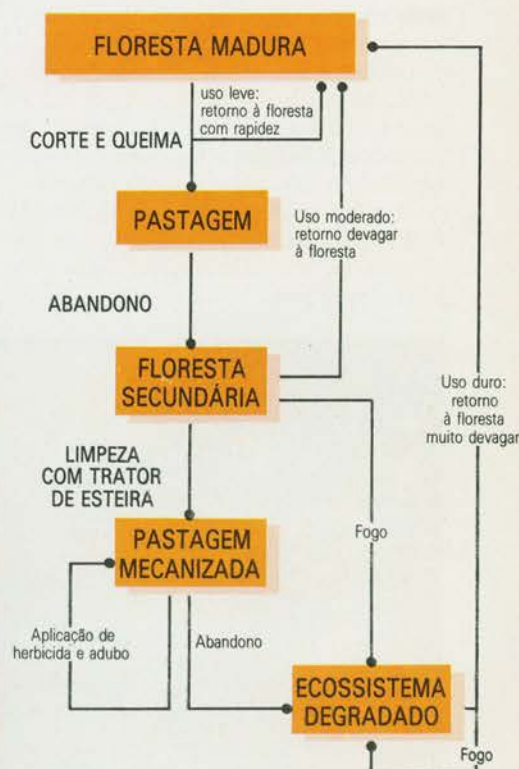


FIGURA 5. Os caminhos possíveis da degradação e do retorno à floresta, após o desmatamento para implantar pastagens na Amazônia.



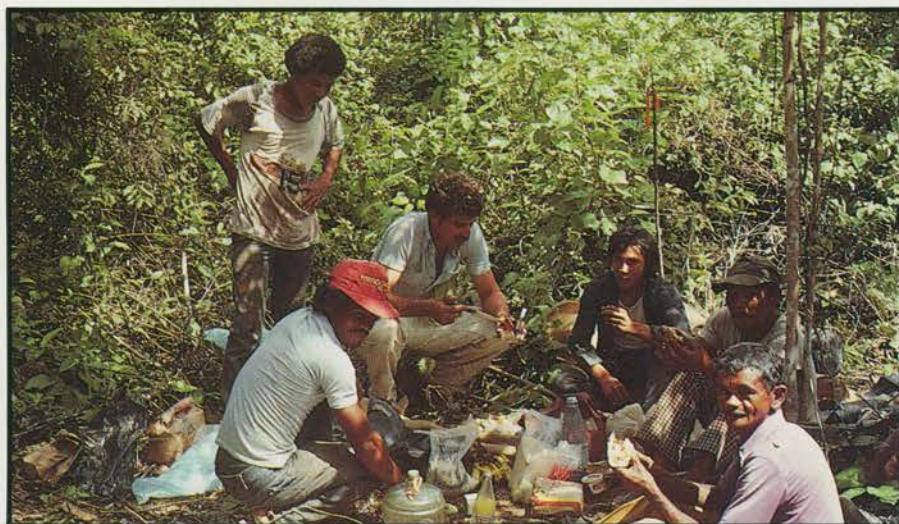


FIGURA 6. Assistentes de campo que ajudaram nas pesquisas.

## OBSTÁCULOS PARA O REFLORESTAMENTO

Estamos estudando (figura 6), desde 1984, em Paragominas, os ecossistemas de pastagens sujeitas a uso intensivo e altamente degradadas, com o intuito de desenvolver técnicas para acelerar a regeneração florestal. Nossa pesquisa enfatizou o estabelecimento de espécies florestais, devido a uma ausência notável de plântulas de árvores de floresta nessas pastagens. Observamos a dispersão de sementes, as formas de predação de sementes e plântulas, a competição entre as espécies e a seca sazonal como fatores limitantes. Devido ao fato de termos trabalhado com um grupo de espécies ecológica, fisiológica e morfologicamente diverso, associamos as características das sementes e plântulas ao sucesso de cada espécie, nas diversas fases de seu estabelecimento, nesses ecossistemas bastante degradados.

A primeira barreira é a dispersão de sementes, um forte filtro, capaz de eliminar muitas espécies de árvores que poderiam potencialmente colonizar a pastagem abandonada. A partir de pesquisas sobre os mecanismos de dispersão das espécies florestais de nossa área de estudo, verificamos que somente sementes dispersas por animais e vento poderiam chegar aos pastos abandonados. Apesar de muitas árvores da floresta primitiva possuírem sementes dispersas por animais, pouquíssimas sementes dessas plantas chegavam aos pastos de nossa área de estudo. Nos estudos com aves e morcegos, encontramos poucas espécies desses dois importantes grupos de animais dispersores de sementes que se deslocam entre a floresta primitiva e o pasto (figuras 7 e 8). Assim, a falta de dispersores potenciais é fator importante a ser considerado. Restava a possibilidade de dispersão por meio do vento. Entretanto, menos de 11% das espécies de árvores da floresta primiti-

va, de nossa área de estudo, possuem sementes capazes de serem dispersas pelo vento. Nossos estudos demonstraram também que poucas sementes dessas espécies chegavam aos pastos.

A capoeira (floresta secundária), ao contrário da floresta primitiva, parece ser a fonte principal de sementes de árvores para a pastagem abandonada. Nós identificamos dez espécies de aves e oito de morcegos frugívoros que ocupam tanto a capoeira como o pasto (figura 9). Além disso, por meio do estudo das fezes desses animais, descobrimos que essas espécies são agentes ativos de dispersão de sementes de uma vegetação para outra. A maioria das sementes encontradas nas fezes das aves e morcegos capturados na pastagem era pequena (menos de 0,1 g). Eram sementes de espécies pioneiras da capoeira, como as dos gêneros *Cordia*, *Banara*, *Cecropia*, *Solanum*, *Vismia* e *Rollinia*. Isto se deve, possivelmente, ao fato de que as espécies de aves e morcegos que voavam entre os dois habitats eram de pequeno porte, com o peso do corpo sempre menor do que 60 g (figura 10).

A grande maioria das sementes de árvores transportadas para dentro da pastagem é depositada, por meio das fezes de aves e morcegos, embaixo de arbustos, tais como *Cordia multispicata* e *Solanum crinitum*. Depois de um ano de observação da 'chuva de semente' na pastagem degradada, encontramos 400 vezes mais sementes de árvores e arbustos, representando 22 espécies, em bandejas colocadas debaixo desses arbustos do que em bandejas colocadas em áreas de pasto recobertas somente por gramíneas. Dessa forma, as sementes que chegam aos pastos não são distribuídas ao acaso, mas sim sob determinados tipos especiais de plantas, que geralmente possuem algum atrativo especial para os



FIGURA 7. Descontinuidade abrupta entre a floresta e as aberturas de pastagens. Muitas espécies de pássaros não ultrapassam esta barreira.



FIGURA 8. Captura de morcegos e pássaros com o uso de redes de neblina.





FIGURA 9. Torre de observação na borda de uma capoeira e de uma pastagem, de onde se observam os movimentos dos pássaros dispersores de sementes.



FIGURA 10. Uma vez capturados, pássaros e morcegos são postos em sacos para que sejam coletadas suas fezes. Em seguida os animais são soltos e, com o exame de fezes, são classificadas as sementes encontradas.

dispersores (poleiro, alimentação, local para a construção do ninho etc.).

A segunda barreira é a predação de sementes. A probabilidade de as sementes que foram depositadas na pastagem sobreviverem até a germinação é função do poder de atração que elas exercem sobre a comunidade animal da pastagem. Experimentos desenvolvidos em nossa área de estudo demonstraram que sementes muito pequenas, menores do que 0,5 g, sofrem predação maior do que sementes grandes. Assim,



FIGURA 11. *Ramphocelus carbo*, uma espécie importante no transporte de sementes entre capoeira e pastagem.

o tamanho da semente é um bom indicador da probabilidade que uma semente tem de ser removida. Os animais que se alimentam de sementes são bastante abundantes no pasto (figura 11). Em nossa área de estudo, os principais são formigas pequenas, como *Pheidole* e *Solenopsis* sp; formigas-saúvas (*Atta sexdens*); e roedores (principalmente *Akodon lasiurus* e *Oryzomys microtus*).

A atratividade da semente também depende das substâncias presentes em sua superfície. Nossos experimentos indicaram que as sementes oleosas ou as que retêm fragmentos de polpa na superfície são mais rapidamente removidas do que aquelas com camadas externas secas e duras. Sementes com camadas externas duras podem persistir por longos períodos na superfície dos solos sem serem removidas. Entretanto, algumas sementes desse tipo foram consumidas por roedores, após terem absorvido água em função da rachadura de sua camada externa. A comunidade animal da pastagem funciona, dessa maneira, como um segundo filtro, o que limita ainda mais o número de espécies de árvores que podem se estabelecer nas áreas degradadas.

A terceira barreira é a predação de plântulas. Se as sementes forem transportadas para a pastagem, escaparem dos predadores e germinarem, ainda assim elas devem sobreviver e crescer antes de se estabelecerem como árvores. Esse estabelecimento é, novamente, influenciado pelos predadores de plântulas, como saúvas e roedores (figura 12). Os animais de pastagens abandonadas selecionam as plantas que irão atacar. Fizemos um experimento visando a comparar os danos causados pelos herbívoros em plântulas de nove espécies arbóreas e ervas invasoras, que foram coloca-

das na pastagem, após terem crescido em viveiros. Verificamos que, após três semanas, 30% a 80% das plântulas de espécies arbóreas haviam sido atacadas, enquanto essa mesma porcentagem para gramíneas e ervas era de 3%. Confirmava-se assim uma velha suspeita: saúvas e roedores são importantes agentes que dificultam o processo de sucessão em pastos degradados, pois são responsáveis tanto pela alta taxa de herbivoria como pela alta taxa de remoção de sementes.



FIGURA 12. As saúvas comem sementes e cortam plântulas de árvores, dificultando seu estabelecimento na pastagem.



A quarta barreira é o estresse hídrico. A disponibilidade de umidade do solo é fator limitante na sobrevivência das plântulas de árvores em pastagens abandonadas. Durante os cinco meses do verão (estação seca), a disponibilidade de água no solo das pastagens degradadas é, em algumas vezes, muito reduzida (figura 13). Para compreender o fator que causaria essa redução, comparamos a disponibilidade de água do solo da pastagem abandonada com a floresta primitiva. Elas são muito diferentes. A causa parece ser os sistemas radiculares das espécies desses dois tipos de vegetação. Embora a massa de raízes, até 50 cm de profundidade no solo, seja três vezes maior na floresta do que na pastagem, a densidade radicular (isto é, o comprimento da raiz por volume de solo) é quatro vezes superior na pastagem do que na floresta. Visto que a disponibilidade mínima de água no solo durante períodos secos é primariamente uma função de densidade radicular, o ecossistema de gramíneas pode reduzir essa disponibilidade de umidade, próximo da superfície do solo, mais do que o ecossistema de floresta.

Uma lição que se pode extrair dessa informação é a de que, para possuir altas taxas de sobrevivência na pastagem abandonada, uma planta deve ser também tolerante à seca (isto é, ter potencial osmótico foliar muito negativo). Mais de 90% das plântulas de *Radlkofarella macrocarpa*, *Maximiliana maripa* e *Orbygnia phalerata*, que foram estabelecidas na pastagem durante a estação chuvosa, permaneceram vivas até o final da estação seca. Em contraste, a sobrevivência das plântulas de espécies arbóreas com baixa tolerância à seca era menor do que 10%. As espécies que são mais vulneráveis ao estresse hídrico têm, por regra geral, sementes pequenas (isto é, aquelas que têm maior probabilidade de chegar na pastagem) e necessitam de bastante luz.

## SUPERANDO AS BARREIRAS

O tamanho da semente da árvore surge como o melhor indicador individual do sucesso da colonização nas áreas degradadas, como se pode ver na figura 14. Se um milhão de sementes de uma espécie de árvore com sementes grandes (por exemplo *Radlkofarella macrocarpa*, com 7,1 g) e de uma espécie de árvore com sementes pequenas (por exemplo *Bagassa guianensis*, com 0,004 g) for espalhado dentro da pastagem degradada, 40 mil plântulas de *R. macrocarpa* se estabeleceriam e apenas 500 plântulas de *B. guianensis* conseguiriam sobreviver aos predadores.

As sementes grandes têm maior probabilidade de sobreviver a todas as fases do estabelecimento. Contudo, apenas sementes de *B. guianensis* têm vetores pelos quais



FIGURA 13. Na estação seca, o estresse hídrico é comum.

FIGURA 14. O tamanho da semente é indicador individual do sucesso da colonização.

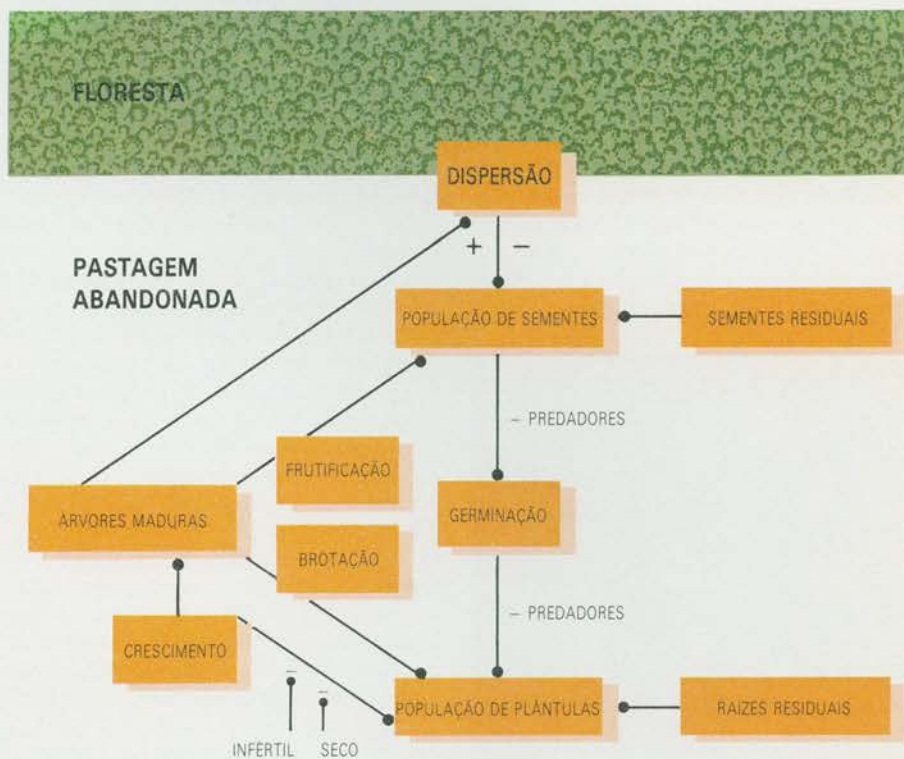


FIGURA 15. Mecanismo de estabelecimento de árvores na pastagem abandonada, dominada por gramíneas, em Paragominas, Pará. Note-se que na ausência de sementes e raízes residuais o estabelecimento de plântulas depende das formas de dispersão.

são dispersadas para dentro da pastagem. Nós não conhecemos espécies florestais que tenham todas as características necessárias para invadir com êxito pastagens degradadas.

Diante desse quadro, as espécies de sementes pequenas, mesmo experimentando altas taxas de predação de sementes e plântulas e enfrentando forte competição de gramíneas e arbustos invasores, podem encontrar oportunidades naturais para o seu

estabelecimento nessas áreas. Já as espécies de sementes grandes dificilmente serão encontradas nas primeiras etapas da sucessão ecológica em pastagens degradadas. Elas não terão como alcançar naturalmente essas áreas.

Por isso, numa primeira etapa, apenas as espécies com sementes pequenas podem se estabelecer em áreas degradadas. Estas dependem de vetores de sementes cujos mo-



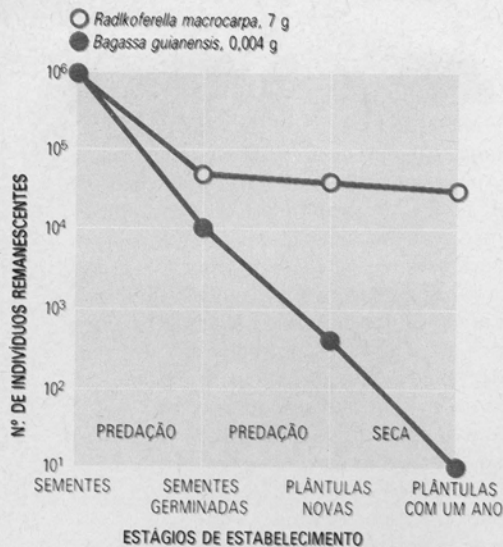


FIGURA 16. Resumo de experimentos de campo, que mostra o comportamento de um milhão de sementes de *Radlkofarella macrocarpa* e *Bagassa guianensis*, plantadas em pastagem abandonada repleta de gramíneas. Note-se que a espécie de sementes grandes (*R. macrocarpa*, de 7 g) não foi fortemente afetada nem pelos predadores nem pela seca, enquanto com a espécie de sementes pequenas (*B. guianensis*, 0,004 g) aconteceu o contrário, em todos os estágios do estabelecimento.

vimentos ocorrem na direção que vai da floresta secundária à pastagem. À medida que a vegetação florestal se restabelece nessas áreas, novos elementos da floresta deverão entrar como participantes do processo. Servem de exemplo algumas aves e mamíferos de porte médio, que poderão atuar como vetores de sementes maiores. Nesse caso, novas oportunidades de estabelecimento de outras espécies arbóreas deverão surgir, em um ecossistema já não tão degradado (figura 15).

#### ESTRATÉGIA PARA A RESTAURAÇÃO

Há muitas maneiras óbvias pelas quais os homens podem facilitar o estabelecimento de árvores em pastagens degradadas, dominadas por gramíneas daninhas. É possível, por exemplo, atuar como vetores de sementes, transportando-as para dentro das pastagens. Barreiras para a sobrevivência das sementes podem ser superadas pelo plantio de plântulas ou estacas, em vez da simples semeadura de sementes. A influência dos predadores de plântulas na sobrevivência das plantas pode ser vencida pelo combate às saúvas. As limitações para a sobrevivência e o crescimento das plântulas impostas pela estação seca podem ser vencidas usando espécies que tenham a capacidade de se enraizar profundamente no solo, plantadas em covas amplas e profundas. Em cada passo adicional, a probabilidade de sucesso no estabelecimento de árvores aumenta na pastagem degradada.

O problema, entretanto, se encontra nos

consideráveis custos para a implementação dessas técnicas. Uma estratégia alternativa para encorajar o recobrimento florestal em pastagens degradadas é usar as informações obtidas em nossos estudos em Paragominas. Esboçamos aqui uma alternativa de alta informação biológica e baixo custo.

Como fazer a preparação da área? Pastagens degradadas são ambientes inóspitos para o crescimento de plântulas de espécies arbóreas. As espécies arbóreas que invadem naturalmente as pastagens degradadas só são capazes de efetivar essa invasão quando ocorre a remoção da vegetação da pastagem. Num experimento de campo, verificamos que o estabelecimento de *Solanum crinitum* (jurubeba) ocorreu apenas depois do corte e da queima da vegetação da pastagem. O primeiro passo para o reflorestamento do pasto degradado seria, portanto, submetê-lo a uma queimada.

Só uma única queimada deve ser feita a fim de preparar o sítio para a introdução de sementes de árvores e plântulas. Outras queimadas adicionais são indesejáveis, pois podem matar árvores jovens que já estão estabelecidas. A preparação da área deve, portanto, incluir a instalação de barreiras de fogo. Em nosso sítio de estudos em Paragominas, estabelecemos barreiras ao fo-

go, cortando e matando a vegetação da pastagem, até cinco metros em volta do local de experimento.

A saúva (*Atta sexdens*) é o maior impedimento para o estabelecimento de árvores em nosso sítio de estudos em Paragominas e esse gênero é, provavelmente, um importante predador de sementes e de plântulas nas terras abandonadas por toda a América tropical. Esse inseto deve receber considerações cuidadosas na preparação da área. Como a entrada das colônias é facilmente reconhecida após a queimada, pode-se fazer uso de iscas com fungicida (por exemplo, Mirex) para envenenar a cultura de fungos das colônias. Esse veneno tem, entretanto, efeito desconhecido a longo prazo e seu uso deve ser o mais limitado possível. Estamos estudando a possibilidade de usar formigueiros de *Solenopsis* como lugares para o estabelecimento de plântulas arbóreas. O motivo é simples: *Solenopsis* tende a excluir formigas cortadeiras, como as saúvas, dos arredores. Mais experimentos devem ser feitos, entretanto, para averiguar essa possibilidade.

Alguns critérios devem ser usados na seleção de espécies de árvores para a introdução dentro do sítio preparado. Espécies de interesse devem ter sementes volumosas

## PECUARIZAÇÃO DA AMAZÔNIA E EXTINÇÃO DE ESPÉCIES

A floresta primária, quando comparada com as pastagens degradadas e as capoeiras que tomam o seu lugar, é muito mais rica em espécies e, como consequência, mais rica em fenômenos biológicos únicos. Essa extraordinária biodiversidade das florestas amazônicas é um produto de milhões de anos de contínua e atribulada evolução, moldada pelas sucessivas mudanças climáticas e geológicas que aconteceram na Terra. As modificações que ocorreram na vegetação da Amazônia no passado não podem nem devem ser comparadas, entretanto, com as alterações atuais de cunho antropogênico. As pressões modificadoras atuais são extremamente rápidas, processando-se em décadas ou séculos, enquanto as modificações antigas eram comparativamente mais lentas, levando milhares ou milhões de anos para se consumir. Assim, as espécies atuais têm poucas chances e tempo para desenvolver adaptações que farão frente a esse novo tipo de distúrbio ambiental.

Na linguagem dos evolucionistas, diz-se que os distúrbios fazem uma seleção 'contra' as espécies que não apresentam adaptações para resistir e sobreviver. Por outro lado, há uma seleção 'a favor' das espécies que demonstraram possuir a capacidade de resistir a fortes distúrbios.

Uma espécie rara, com lenta taxa de crescimento, madeira de alto valor, sistema complexo de polinização e produzindo frutos grandes e dispersos por animais que não costumam entrar em áreas alteradas, vai ter poucas chances de persistir frente aos modos conhecidos de perturbação humana. Assim, ela pode ser levada à extinção. Já uma espécie bastante comum, sem nenhum valor econômico, com crescimento rápido, que seja autopolinizada, que possua sementes pequenas e de fácil dispersão, que tenha a capacidade de brotar e resistir ao fogo, possui excelentes condições de persistir e se tornar mais comum no futuro.

Com o que se conhece atualmente sobre a biologia das plantas amazônicas, é possível prever que um grande número de espécies de florestas tem poucas condições de sobrevivência diante desse processo de perturbação humana que foi desencadeado na região. Há a possibilidade de uma extinção em massa de espécies vegetais e animais. Como algumas poucas espécies seriam beneficiadas, elas dominariam amplamente a paisagem.



(maiores que cinco grammas) com casca dura, pois somente essas têm grande probabilidade de escapar dos predadores. Quanto maior o tamanho da semente, maior a capacidade de rebrotamento, após a desfoliação, e maior a rapidez de penetração radicular, após a germinação. As espécies de interesse precisam ser tolerantes à seca. As primeiras espécies plantadas no sítio preparado deverão também ser tolerantes à alta luminosidade.

O incentivo para plantar árvores nas pastagens degradadas pode ser incrementado, caso as árvores sejam de especial interesse

econômico. A espécie *Orbygnia phalerata* (babaçu) é, em certo sentido, uma candidata ideal para o uso nas pastagens degradadas porque suas grandes sementes contêm alta quantidade de óleo e as cascas dos frutos podem ser usadas para fazer carvão. Além disso, suas sementes são protegidas por uma camada espessa e dura e se tornam invulneráveis a muitos predadores. Produzem enraizamento profundo rapidamente e são tolerantes à seca. A desvantagem dessa espécie é que ela amadurece muito vagarosamente, levando vários anos para formar um tronco e pelo menos 14 anos

para produzir frutos. Há também a possibilidade de essa espécie invadir áreas vizinhas, transformando-se em planta daninha.

Além disso, existem técnicas para o estabelecimento de árvores. Uma mistura de espécies de árvores no reflorestamento pode ter melhor resultado se houver conhecimento das técnicas de plantio de cada espécie. Alguns tipos de árvores, tais como o babaçu, requerem a dispersão de frutos para se estabelecerem e podem se originar por meio de frutos atirados na pastagem degradada. Sementes ou plântulas que são vulneráveis à saúva podem ser protegidas individualmente por tubos de PVC ou tubos feitos com garrafas plásticas, com sete centímetros de bordadura e com fitas plásticas escorregadias.

A maioria das espécies se beneficia de práticas que reduzem a competição pelos recursos do solo. A competição radicular poderia ser bastante reduzida pela queima da vegetação da pastagem como parte da preparação do sítio. As cinzas poderiam ainda fornecer algum nutriente ao solo. Esse efeito, contudo, é temporário. A longo prazo, a redução da competição radicular para as plântulas de árvores pode ser obtida pelo plantio das plântulas em covas limitadas por plásticos ou pela capinação ao redor das plantas durante os primeiros dois anos. Essa técnica permitirá também a rápida penetração da raiz.

Para testar a idéia de que várias árvores de valor econômico poderiam ser estabelecidas a baixo custo em pastagens degradadas, montamos um experimento em 1989 em nossa área de estudo. O lugar do experimento tinha sido utilizado por 18 anos, sendo então abandonado. Nós introduzimos nessa área 27 espécies em dois tratamentos: (a) sem insumos, consistindo em uma pequena cova de plantio e capinas ao redor da base da planta; (b) com insumos, consistindo em uma cova grande, esterco, fertilizante fosfatado e capinas ao redor da base da planta. Após dois anos, o crescimento tem sido bom para caju (*Anacardium occidentale*), faveira (*Parkia* sp), mogno (*Swetenia macrophylla*), urucu (*Bixa orellana*), manga (*Mangifera indica*), muruci (*Byrsonima crassifolia*) e taperebá (*Spondias mombim*); razoável para biribá (*Rollinia mucosa*), cedro (*Cedrela odorata*), cumaru (*Dipterix odorata*), jenipapo (*Genipa americana*) e limão (*Citrus limonia*) (figura 16). Em muitos casos, o crescimento foi melhor nos tratamentos mais intensivos, enquanto em cerca de dez espécies o crescimento no tratamento pouco intensivo, sem insumos, parece também ser promissor. Em outras espécies (por exemplo, castanha, muruci e faveira) não há nenhuma diferença aparente entre os tratamentos. Conclusão: não é necessário gradear nem adubar áreas degradadas para

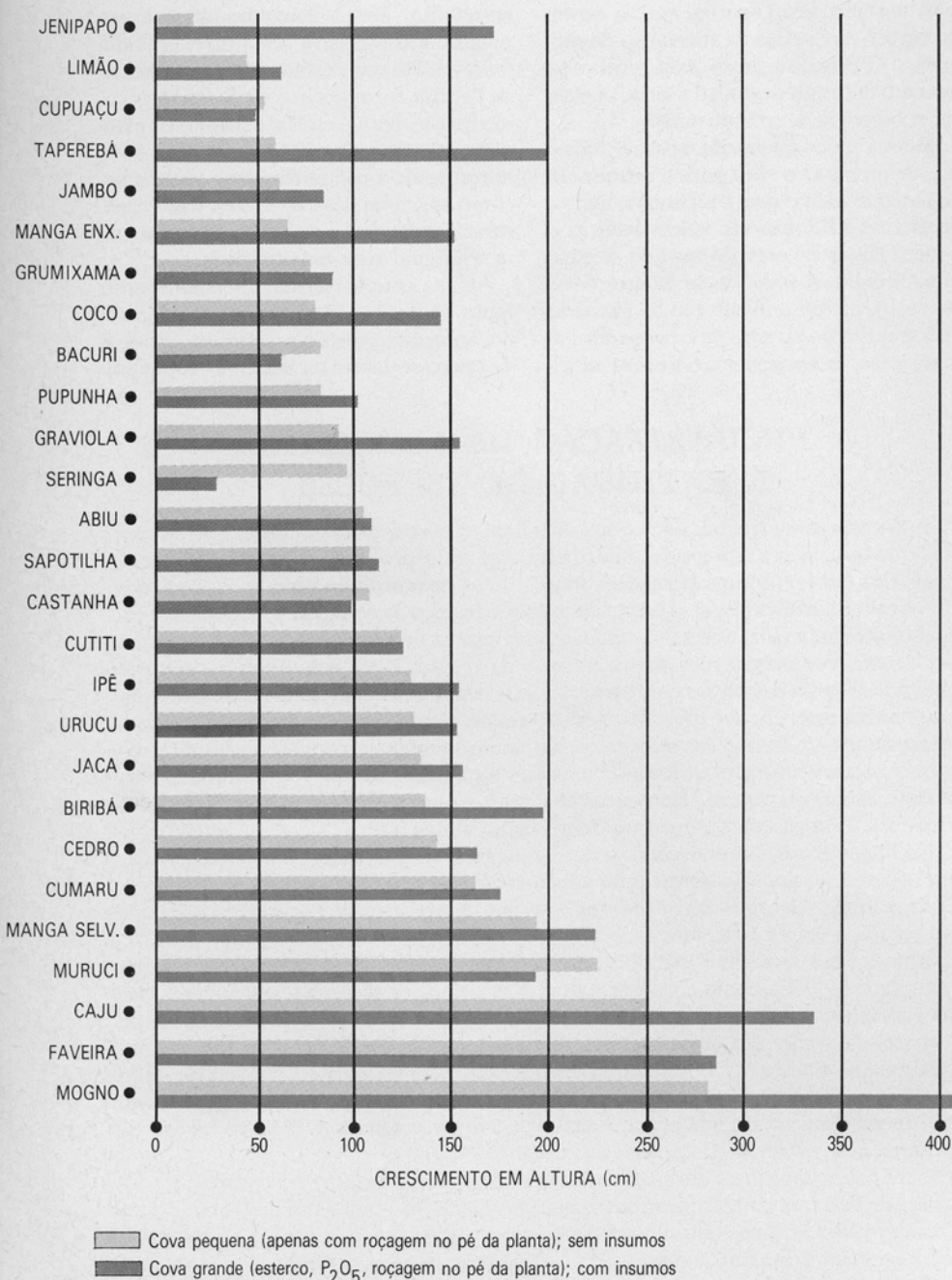


FIGURA 17. Crescimento, durante dois anos, de 27 espécies de custo baixo, plantadas em uma pastagem degradada na Fazenda Vitória, em Paragominas, no Pará.



elas se tornarem produtivas economicamente.

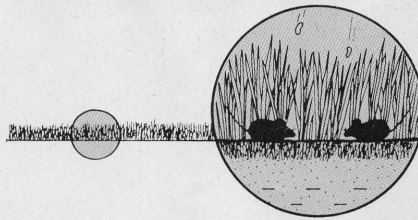
Também são importantes os núcleos de regeneração florestal. A sobrevivência e o crescimento de plântulas podem ser bastante aumentados pelo simples plantio dentro de moitas de *Cordia multispicata*, um arbusto de ocorrência natural nas pastagens degradadas, em que a competição radicular poderia ser considerada menor do que nas áreas dominadas por gramíneas. Muito pode ser aprendido, também, com os experimentos naturais situados dentro da pastagem abandonada. Um indivíduo de seis metros de altura de *Stryphonodendron pulcherrimum* (barbatimão), estabelecido naturalmente em nosso sítio de estudos, tornou-se um núcleo de regeneração florestal, através do estabelecimento de plântulas de outras espécies lenhosas e pela entrada de novos indivíduos produzidos por brotação da raiz. Nós observamos 12 espécies de árvores e 85 novas brotações de *S. pulcherrimum*, dentro de um raio de dez metros da árvore original.

Essas ilhas de floresta natural ilustram o grande potencial que existe para regeneração florestal na pastagem degradada (figura 17). Uma vez que a árvore se estabelece, começam os processos de sucessão natural. O reflorestamento se torna então um processo de multiplicação das ilhas de floresta, pelo estabelecimento de árvores que atraem agentes dispersantes e criam condições favoráveis para o estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas debaixo de seu dossel. Gramíneas seriam naturalmente sombreadas, talvez reduzindo a população de saúvas e roedores. Na estação seca, déficits de umidade de solo e competição pelos nutrientes diminuiriam o denso sistema radicular do ecossistema de pastagem degradada, retomado pela nova floresta. A nova floresta seria formada pela união de várias 'ilhas' de floresta.

Resta uma questão a ser enfrentada: como promover a restauração? Há uma grande lacuna entre a implementação e o desenvolvimento de uma estratégia de reflorestamento. Ainda que um tratamento das barreiras culturais e econômicas para a implementação fique fora do nosso alcance, sentimos que certos pontos poderiam ser levantados para complementar essa discussão. Além disso, quem vai plantar árvores? Por um lado, é fácil imaginar que fazendeiros irão participar no processo. Os fazendeiros que são mais inovadores já começaram a diversificar as suas fazendas e, se a pesquisa mostrar um potencial econômico quanto ao reflorestamento nas pastagens degradadas, haverá, certamente, fazendeiros interessados em participar também do processo.

O pequeno produtor também pode desempenhar um papel importante no proces-

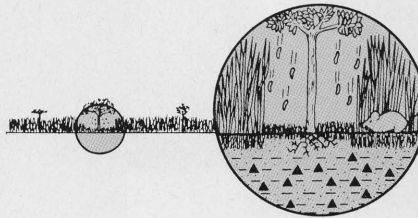
#### (A) PASTAGEM ABANDONADA HÁ DOIS ANOS



##### BARREIRAS QUE DIFICULTAM A REGENERAÇÃO FLORESTAL:

- Baixa queda de sementes ..... 00
- Alta predação de sementes e mudas por formigas e ratos .....
- Alta competição de raízes (radicular) .....
- Baixa concentração de nutrientes no solo ..... ▲
- Baixa quantidade de água disponível na superfície do solo ..... —

#### (B) PASTAGEM ABANDONADA HÁ CINCO ANOS



##### CONDIÇÕES FAVORÁVEIS CRIADAS PELA COLONIZAÇÃO LENHOSA:

- Alta queda de sementes ..... 0000
- Taxa de predação de sementes reduzida .....
- Taxa de competição radicular reduzida .....
- Aumento de concentração de nutrientes no solo ..... ▲▲▲
- Aumento na quantidade de água disponível na superfície do solo ..... —

#### (C) FLORESTA SECUNDÁRIA COM 20 ANOS



##### FORMAÇÃO DE ILHAS DE REGENERAÇÃO ARBÓREA

FIGURA 18. (a) barreiras que dificultam a regeneração florestal em pastagens intensivamente usadas e em seguida abandonadas, na Amazônia Oriental; (b) importância da presença de arbustos como *Solanum crinitum*, concentrando sementes e favorecendo o crescimento de plantas lenhosas; (c) formação de ilhas de regeneração arbórea, catalisadas por condições favoráveis, criadas pelos primeiros colonizadores lenhosos.

so de plantar árvores em áreas degradadas. Para reverter o quadro de degradação econômica e ecológica em que se encontra a pequena agricultura da Amazônia Oriental, vários autores têm esboçado alternativas para viabilizar uma pequena agricultura sustentada baseada, entre outras coisas, em sistemas que apresentem alta diversidade. Nesses sistemas, há uma significativa participação de componentes arbóreos e arbustivos, seja na forma de enriquecimento de capoeiras com árvores que rendam produtos comercializáveis, como madeiras e frutos, seja na forma de culturas perenes ou na consorciação de árvores e arbustos com pastagens.

Se as pesquisas demonstrarem quais as espécies de árvores economicamente aproveitáveis, que podem ser estabelecidas nas pastagens abandonadas a um custo baixo, o curso do desenvolvimento econômico poderá ser voltado para o uso da terra, no qual não se contribua mais para a degradação regional. Pastagens degradadas podem ser facilmente eliminadas ou reformadas através do consórcio de árvores com

pastos, quebrando-se, assim, os processos de degradação florestal estimulados pelo fogo. As funções regulatórias da floresta podem também ser recuperadas, desde que haja a restituição de árvores nas pastagens.

#### SUGESTÕES PARA LEITURA

FLOHRSCHULTZ G. e KITAMURA P.C., 'A pequena agricultura na Amazônia Oriental' in *Pesquisas sobre a utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental — Relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU*, EMBRAPA, Belém, 1986.

SERRÃO E.A.S. e TOLEDO J.M., 'A procura de sustentabilidade em pastagens amazônicas' in ANDERSON, A.B. (ed.). *Alternatives to deforestation: coexistence of humans and the Amazon Forest*, New York, 1989.

UHL C. e BUSCHBACHER R., 'Queimada: o corte que atrai' in *Ciência Hoje*, vol. 7, n° 40, 1988.

UHL C. e VIEIRA I.C., 'Seleção predatória' in *Ciência Hoje*, vol. 10, n° 55, 1989.



## ENTREVISTA

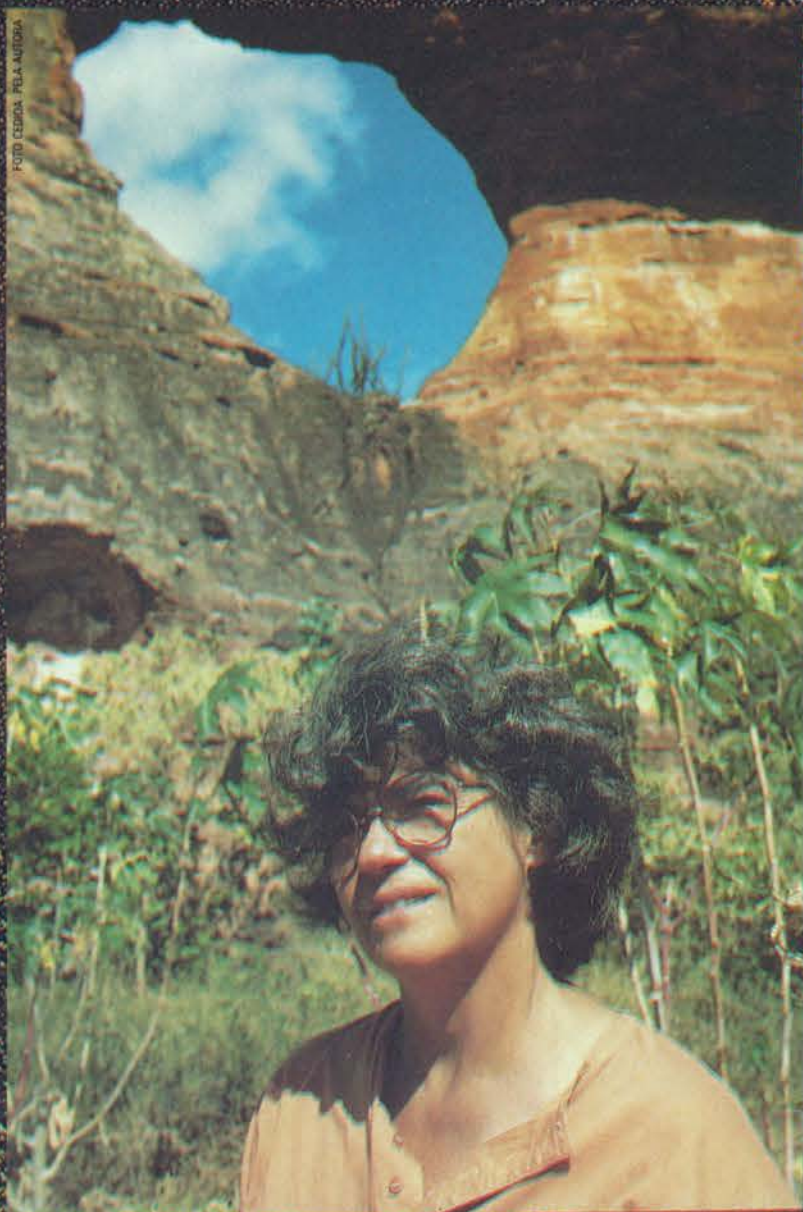
EM SÃO RAIMUNDO NONATO, PIAUÍ, MAIS DE 300 SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS REVELAM UMA HISTÓRIA SURPREENDENTE: HÁ PELO MENOS 50 MIL ANOS O HOMEM JÁ ESTAVA ALI, EM MEIO A FLORESTAS E A ESTRANHOS ANIMAIS. O ALCANCE DESSES ACHADOS E AS CONTROVÉRSIAS QUE SUSCITAM SÃO AQUI DISCUTIDOS POR NIÈDE GUIDON, A ARQUEÓLOGA QUE, HÁ DUAS DÉCADAS, FOI A INICIADORA DESSAS PESQUISAS.



# NIÈDE GUIDON

## NAS PEGADAS DO HOMEM AMERICANO

ENTREVISTA CONCEDIDA  
A VERA RITA COSTA, *CIÊNCIA HOJE*





## ENTREVISTA

— *O que a levou a pesquisar no Piauí?*

— Em 1963, quando era arqueóloga do Museu Paulista, o prefeito de uma cidade do interior do Piauí visitou-me e mostrou fotografias de pinturas rupestres da região. Percebi que eram diferentes das que tinham sido descobertas em Lagoa Santa (MG). Fiquei extremamente interessada, mas não pude ir verificar na época, porque logo iria para a França. Apenas ao voltar, em 1970, fui até aquela cidade, cujo nome guardara: São Raimundo Nonato. Procurei o ex-prefeito e, com a ajuda de pessoas da região, cheguei aos locais que ele indicou.

— *Em que as pinturas de São Raimundo Nonato diferem das encontradas em Lagoa Santa?*

— Na forma e nos motivos. É um estilo completamente diferente. Há desenhos de homens, veados e emas, mas em posições e arranjos completamente diferentes dos encontrados em Lagoa Santa.

Em 1970 fotografei as duas tocas indicadas pelo prefeito e outras duas, mais distantes da cidade. Pedi às pessoas da região que marcassem a localização de todas as tocas que encontrassem, para

coletores, que não praticavam a agricultura e não conheciam a cerâmica. Neles, só encontramos em geral pedras lascadas. Há outros de ceramistas e alguns de agricultores, em que já foram encontrados sepulturas humanas, milho, amendoim e cabacas.

— *A que se atribui a preservação desse material?*

— Ao tipo de relevo. São Raimundo Nonato fica numa zona de serras, muito pouco habitada. Talvez tivéssemos as mesmas coisas em São Paulo, mas a agricultura extensiva, as construções, as cidades destroem os sítios. Lá, a destruição está começando agora. Nos últimos cinco anos, a exploração comercial do calcário vem pondo em risco muitas grutas e abrigos. Com a exploração intensiva da floresta, da caatinga, a erosão também foi acelerada.

A análise do material encontrado nas escavações demonstra que a paisagem da região, há não muito tempo atrás — estamos tentando datar isso agora —, era completamente diferente da atual, com florestas tropicais úmidas nos vales da formação sedimentar — a serra é terreno sedimentar — e pradarias e bosques na parte da depressão do São Francisco, zona de contato



FOTOS LENA TRINDADE

PINTURAS RUPESTRES, SÃO RAIMUNDO NONATO

eu visitar quando voltasse. Quando voltei, em 1973, havia 50 novas tocas marcadas. Hoje temos 360 sítios identificados.

— *Foi, portanto, a gente da região que cadastrou os sítios?*

— Sim. Eram caçadores que conheciam muito bem aquela zona. Fiz um trato com eles: pagaria um tanto para cada toca que indicassem. Essas pessoas trabalham conosco até hoje, são nossos guias e trabalhadores. Nunca foi preciso fazer prospecção: até agora só pudemos trabalhar em cerca de 10% dos sítios cadastrados e ainda há muita coisa a descobrir nas proximidades.

— *Que tipo de material vocês têm encontrado?*

— Há sítios que foram ocupados apenas por povos caçadores-

entre o sedimentar do período devoniano, da bacia Maranhão-Piauí, e o cristalino do pré-cambriano, que é o escudo brasileiro. Nessa zona de contato havia vários ecossistemas e fauna abundante. Encontramos enorme quantidade de fósseis de cavalos, preguiças gigantes, mastodontes e lhamas. Essas condições eram extremamente favoráveis aos povos caçadores-coletores que chegaram à região há pelo menos 50 mil anos.

— *Como foi estabelecida esta data?*

— Com base nas provas que esses povos nos deixaram: pedras lascadas, fogões e artefatos. Datações com carbono 14 [ $^{14}\text{C}$ ] de carvões encontrados em fogueiras estruturadas — construídas com seixos e blocos — revelaram que há 50 mil anos o ho-



mem já estava na região. A evolução tecnológica desses povos pode ser acompanhada pela evolução dos artefatos e das fogueiras que construíam.

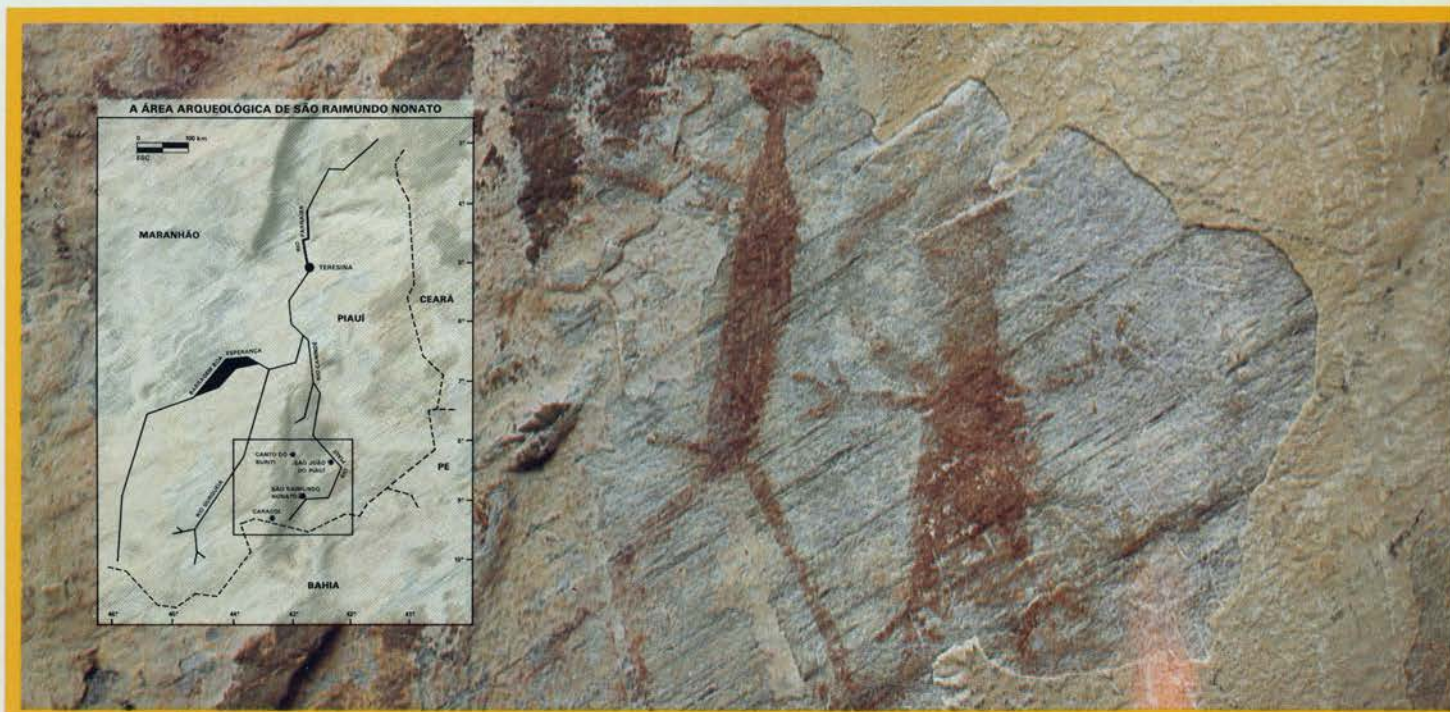
Muitos dados permitem reconstituir a história do homem antigo na região. Tendo chegado há pelo menos 50 mil anos, ali se manteve isolado até cerca de 17 mil anos atrás; a partir de então ocorreram modificações que parecem não ter resultado apenas de uma evolução interna dessa sociedade, mas de contatos com outros grupos; entre 12 e seis mil anos atrás, essa sociedade se desenvolveu, apareceram tecnologias novas, surgiu a arte rupestre e ela predominou na região; depois houve incursões de outras etnias, até que ela desapareceu repentinamente e foi substituída por outra. A região foi então ocupada por diversas etnias e, há no mínimo três mil anos, a cerâmica e a agricultura já eram conhecidas. Por outro lado, já verificamos que uma das tradições de arte rupestre da área se espalha até o Rio Grande do Norte, Bahia e Mato Grosso.

— Há polêmica, contudo, quanto às datações feitas. Usaram-se outros métodos além do  $^{14}\text{C}$ ?

parede. Só havia vegetação no vale, que, por sinal, devia ser mais profundo que hoje, porque houve sedimentação. Foi sobre pedra que os primeiros homens se instalaram ali — não havia vegetação que pudesse pegar fogo.

Fizemos escavações abaixo do nível em que encontramos vestígios do homem, para verificar como teria se formado aquele abrigo. Verificamos que os primeiros homens se instalaram num canto, sobre a rocha, deslocando outras rochas para o lado. Devem ter escolhido o local justamente porque era protegido, principalmente da fauna. Verificamos que, nesse abrigo, houve quedas de blocos provocadas pela erosão (o abrigo está encravado numa parede com cerca de 200 m de altura). Foi graças a isso e à retenção do sedimento que os vestígios de 50 mil anos atrás chegaram até nós. É preciso dizer também que ali não chove e não é possível caírem pedras. O sedimento encontrado provém da desagregação da parede de rocha e as pedras devem ter sido levadas pelos homens.

Nossa certeza de estarmos diante de vestígios humanos advém também de estudos geológicos. Estudou-se a estratigrafia e todo o material encontrado foi analisado em laboratório para se ter



— A datação pelo  $^{14}\text{C}$  foi criada em 1950 e é considerada o método mais seguro [ver 'Os métodos de datação' em *Ciência Hoje* nº 19, p. 39]. Foi por ele que se datou a pré-história do mundo todo. Se está errado para São Raimundo Nonato, deve estar para todo o resto também... Nosso material foi datado na Europa, nos Estados Unidos e na Universidade Federal do Ceará, sem que houvesse diferenças significativas nos resultados.

— Qual o motivo da polêmica, então?

— Quanto ao método não há o que questionar. Dizem que os carvões que datamos podem provir de incêndios naturais. Ora, quem disse isso não conhece o sítio de onde foram retirados. Está 19 m acima do vale, numa depressão que a erosão cavou na

certeza de que não havia sido carregado por enxurradas. Os carvões datados saíram de fogueiras estruturadas, em que estavam dispostos segundo estruturas típicas; se resultassem de incêndio natural, estariam espalhados pelo chão.

— Que outros materiais comprovadores da presença do homem vocês têm encontrado?

— Temos encontrado pedras lascadas, em que a ação humana de dar forma é visível. Não são pedras que caíram e se lascaram sozinhas. São pedras premeditadamente lascadas, o que demonstra que o homem já possuía uma tecnologia. Temos formas típicas, com tipos bem marcados de pedras lascadas, demonstrando certa diferenciação na indústria do homem antigo.



— *Encontraram fósseis animais?*

— No abrigo onde encontramos os carvões, não, porque está em terreno arenoso, ácido, em que a matéria orgânica não se conserva. Só nas camadas superiores, dos últimos oito mil anos, encontramos alguma matéria orgânica. A areia tem essa vantagem: por ser extremamente seca, não permite a decomposição do material; nas camadas inferiores, porém, não se conservou matéria orgânica nenhuma. Esse é um dos indícios de que o clima da região mudou muito, passando de úmido a extremamente árido.

— *A paleobotânica poderia ajudar a reconstituir a vegetação e a paisagem pré-históricas da região. Isso tem sido tentado?*

— Montamos uma coleção de referência para pólen da caatinga, mas o sedimento dos sítios em que trabalhamos não favorece a conservação desse material. Agora acredito que será mais fácil, porque assinamos um convênio com a Petrobrás, que possui laboratórios e tecnologias muito avançados nessa área. Também obtivemos crédito para comprar uma grande escavadeira, que permitirá analisar o sedimento das lagoas. É possível que nesses locais, onde o sedimento preto indica que a matéria orgâ-

nica se conservou, encontremos diversos tipos de pólen. Poderemos então estabelecer correlações entre a fauna, flora e o clima pré-históricos do Nordeste.

— *Recentemente se noticiou que vocês encontraram um fragmento de osso humano...*

— Como não encontrávamos ossos nas camadas mais antigas dos abrigos, começamos a procurar nas cavernas de calcário, que ficam na planície. Nelas já tínhamos encontrado ossos de animais que só existiram na floresta tropical úmida — mastodontes, preguiças gigantes, lhamas, blastoceros, veados-galheiros etc — e grande quantidade de pedras lascadas, o que demonstrava que o homem freqüentava esses lugares ao mesmo tempo que os animais. Acabamos encontrando, associado aos ossos da fauna fóssil, um fragmento de temporal direito de um crânio humano. É possível que o homem antigo aproveitasse o momento em que os animais bebiam água na beira das lagoas que se formavam no calcário para caçá-los.

— *Quando foi feita essa descoberta?*

— Em junho de 1989, mas só divulgamos o fato em novembro, porque esperamos que as análises confirmassem que se tratava de um osso humano. Os resultados dos exames, feitos na Universidade de Lyon, na França, e na Universidade de Campinas, foram confirmatórios.

— *Esse material foi datado?*

— Normalmente o osso poderia ser datado pelo  $^{14}\text{C}$ . Mas, por ter sido fossilizado em ambiente muito úmido, perdeu praticamente toda a matéria orgânica. Enviamos o material para a Universidade de Oxford, na Inglaterra, para o laboratório de Gif-sur-Yvette, na França, e para o Beta Analytic, nos Estados Unidos, e todos consideraram a quantidade de matéria orgânica insuficiente para uma datação — a margem de erro seria muito grande.

Agora, porém, estamos de posse de um material extremamente valioso. Em julho de 1990, foi encontrado, num abrigo calcário, um esqueleto humano inteiro. Um bloco de rocha, de cerca de seis mil toneladas, caiu a 50cm de uma pessoa que dormia ao lado de um borralho. O deslocamento do ar assim provocado arrancou-lhe a cabeça e uma perna. O material vai ser estudado agora.

— *É importante não variar muito os métodos?*

— Sim, mas em alguns casos isto se impõe, porque o  $^{14}\text{C}$  tem limites, entre eles o de só poder datar até 60 mil anos. Não se aplica ao que for mais antigo. Não é o caso do fragmento de osso humano que encontramos, porque as camadas em que estamos trabalhando são mais recentes. Nosso problema é realmente a falta de matéria orgânica no material encontrado.

Em função dessas dificuldades, estamos começando a trabalhar com a termoluminescência, que se baseia na radioatividade de material inorgânico. É um método recente, mas já bem aceito. Foi empregado para datar o mais antigo *Homo sapiens sapiens* conhecido, cuja descoberta foi publicada na *Nature* em fevereiro de 1989. O material, encontrado na Síria e em Israel, foi datado de 93 mil anos. A especialista que fez essas datações, Hélène Valadas, do laboratório de Gif-sur-Yvette, é também a responsável por nossas datações por termoluminescência.

Este é um trabalho lento. Começou a ser feito há cerca de um ano e meio e só em 1991 teremos os primeiros resultados.



SÍTIO ARQUEOLÓGICO, SÃO BERNARDO DO MONTE



— *Para as cavernas vocês têm alguma indicação de data?*

— Só foi possível datar um pedacinho de carvão, encontrado junto a ossos animais, mas ainda não divulguei esse resultado porque é muito revolucionário. Só o farei quando tiver pelo menos três datações que o confirmem e alguma certeza sobre o assunto.

— *O que essa datação modificaria?*

— Revolucionaria a reconstituição histórica do clima e da paisagem que foram propostas para o Nordeste do Brasil. As reconstituições climáticas dizem que a região é seca há pelo menos 18 mil anos. Nossa datação, caso se confirme, demonstra que essa mudança climática foi bem mais recente. É um dado extremamente importante, que permite, por exemplo, verificar a rapidez com que o clima mudou. As novas datações poderão indicar que o processo de desertificação foi muito mais acelerado do que em geral se supõe.

— *A evolução do clima do Nordeste pode servir de modelo para outros ecossistemas?*

— Até hoje, no Piauí, em certos locais úmidos, há árvores da floresta tropical úmida preservadas. Há também evidências fósseis de espécies animais e vegetais da floresta que já não existem. A região foi uma floresta úmida, principalmente nos vales, e está entrando numa fase de desertificação. É importante ter dados sobre o ritmo desse processo. Todos estamos preocupados com a Amazônia. Pois bem, o Nordeste é fronteira da Amazônia, e o deserto está começando a chegar lá. As mudanças da paisagem do Nordeste brasileiro e o ritmo em que se processaram podem ser o prenúncio do que está por vir.

Isso me leva a crer que temos que nos ocupar seriamente da preservação. A aridificação no Nordeste ocorreu por um processo natural, quando o homem ainda não tinha técnicas capazes de interferir na evolução climática. Hoje, uma série de atividades humanas predatórias podem estar acelerando o processo, imprimindo-lhe um ritmo que sequer sabemos calcular.

— *Essas datações, se confirmadas, põem em xeque a teoria que explica a chegada do homem à América...*

— A teoria já está em xeque, porque a datação de 48 mil anos que obtivemos é absolutamente certa. Não há erro possível: o homem estava em São Raimundo Nonato há pelo menos 50 mil anos. As datas antes calculadas para essa entrada variavam entre 30 mil anos, a mais antiga, e 15 a 12 mil anos, as mais recentes. É preciso considerar também que a chegada ao Brasil e a colonização do continente deve ter sido um processo lento, que deve ter levado no mínimo 70 mil anos. Uma hipótese com que trabalhamos é que a América tenha sido colonizada por diferentes vagas populacionais, o que, em parte, explicaria as diferentes datações obtidas.

— *A que você atribui a dificuldade em aceitar os novos dados?*

— A teoria vigente é dos anos 50. De lá para cá muita coisa nova foi descoberta. A própria arqueologia européia dos anos 60 foi superada: pensava-se que o homem de Neanderthal remontava a 60 mil anos, que o *Homo sapiens sapiens* tinha só 40 mil anos; hoje se admite que o *sapiens* tem 93 mil anos. Novos dados foram sendo integrados e o quadro teórico foi mudando.

No caso em questão, acho que os autores não querem perder a paternidade da teoria. Isto me parece tolice, mesmo porque deram uma contribuição imensa à ciência ao propor um quadro

explicativo que dirigiu as pesquisas de outros. Foram eles que nos forneceram os primeiros elementos que nos permitiram testar a teoria. Não erraram ao propô-la — fizeram o que era possível com os dados disponíveis na época. O erro está em não admitir os novos dados. Não somos melhores; simplesmente dispomos de mais dados. Como os dados obtidos pela pesquisa petrolífera, que demonstram que o nível do mar chegou a baixar 150 m. Isso significa muita terra descoberta, com formação de inúmeras ilhas, e outras possibilidades de passagem para o homem antigo.

— *Quer dizer que a entrada do homem na América não se deu necessariamente pelo estreito de Bering?*

— É possível que o homem antigo tenha chegado à América por Bering, já que o mar naquele ponto é muito raso e nos períodos de glaciação pode ter baixado ainda mais, transformado o estreito numa planície, mas pode ter havido outras passagens. Outra hipótese é que o estreito de Bering tenha estado a seco diversas vezes e que a passagem tenha ocorrido em mais de um momento.



SÃO RAIMUNDO NONATO



## ENTREVISTA

— *Ao que parece, os dados obtidos em São Raimundo Nonato refutam a teoria vigente, mas não afirmam uma teoria nova.*

— De fato, temos dados, não uma teoria. A única certeza é que o homem estava em São Raimundo Nonato há 50 mil anos. A partir daí, temos apenas mais pesquisas a fazer.

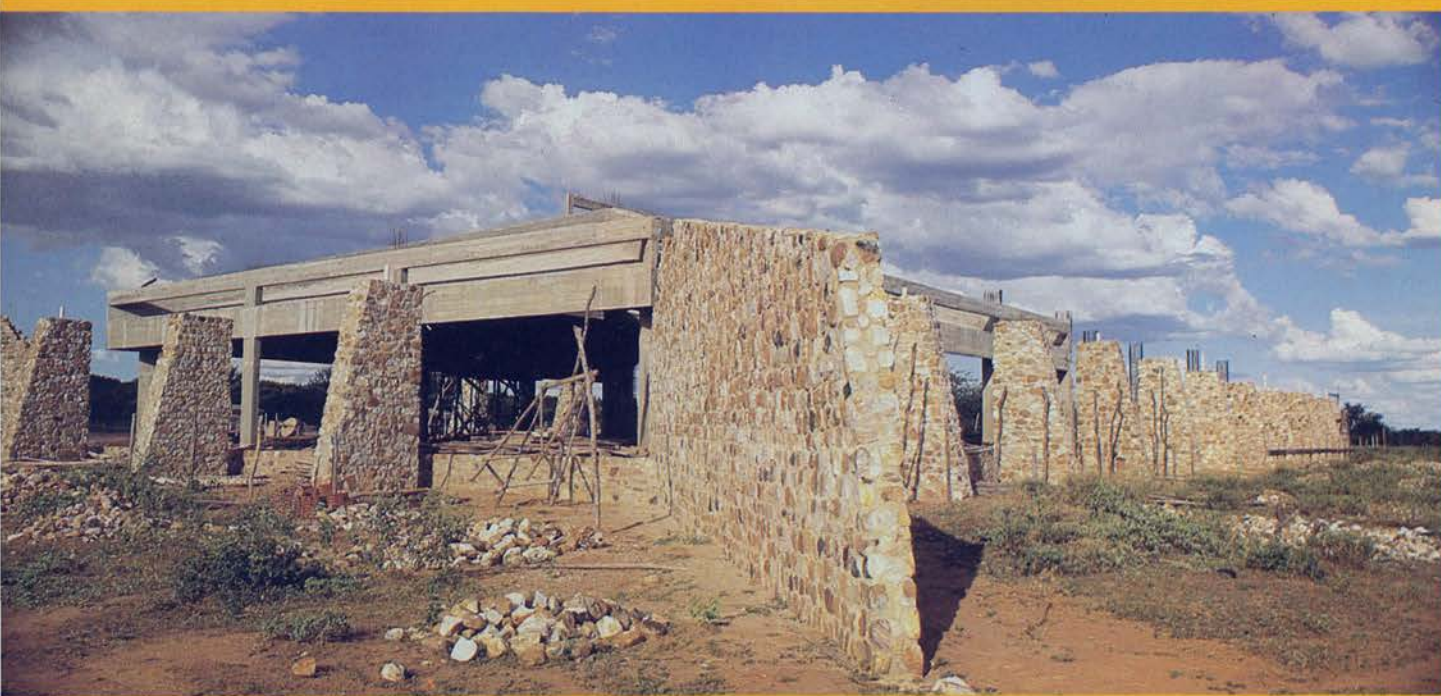
Estamos iniciando uma análise comparativa da arte rupestre encontrada no Piauí e em Pernambuco, para obter informações sobre as possíveis migrações do homem antigo. Pretendemos também comparar escavações feitas no Rio Grande do Norte, Minas Gerais e outros estados com as nossas, para estabelecer essas relações. Conforme forem se afinando os dados sobre a evolução do clima, do nível do mar, da paisagem do Nordeste e das migrações do homem antigo, poderemos, talvez, arriscar uma teoria. E não será a única. Certamente surgirão outras, pois esse é o processo natural da ciência.

— *Vocês já publicaram os dados que vêm obtendo no Piauí?*

— Publicamos alguns artigos e notícias, mas não uma monografia extensa. Isso ainda é impossível. Já escavamos 700 m<sup>2</sup> até a profundidade de seis metros; a quantidade de material em es-

— Em 1979, conseguimos que fosse criado o Parque Nacional da Serra da Capivara, o único de caatinga do país, por convênio com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), e a Fundação Museu do Homem Americano ficou encarregada de elaborar o plano de manejo ecológico e de preservação desse parque. Nossa maior preocupação é obter verbas para comprar certas áreas limítrofes, que estão sendo destruídas. Essas áreas possuem cavernas belíssimas, com estalactites e estalagmites, além de pinturas e fósseis pré-históricos. São elas que estão sendo destruídas: o pessoal da região quebra o calcário a marretadas e o queima para transformar o mármore negro em cal. Nossa intenção é comprá-las e transformá-las em áreas de proteção ambiental, destinando-as a atividades não prejudiciais ao ambiente, principalmente a criação de espécies para repovoamento do parque.

É inútil falar de proteção ambiental em regiões como São Raimundo Nonato, onde as pessoas estão morrendo de fome, sem criar alternativas de trabalho. A caça e a extração do calcário são as únicas opções de sobrevivência. É preciso, antes, oferecer alternativas que não causem depredação. É o que estamos ten-



MUSEU DO HOMEM AMERICANO. SÃO RAIMUNDO NONATO

tudo é brutal. Temos cerca de 15 mil utensílios de pedra lascada só dessa escavação terminada em 1987, na toca do 'boqueirão da Pedra Furada', para a qual obtivemos essas datas antigas. Todos esses utensílios tiveram que ser lavados, marcados, analisados macroscópicamente e microscopicamente, selecionados e classificados. A informação foi armazenada em computador. É um trabalho imenso, que ainda não acabou. Faltam, por exemplo, os resultados de microscopia eletrônica e da termoluminescência. São métodos caros e morosos. Não podemos publicar uma monografia antes de obter todos os dados.

— *Você mencionou a destruição provocada pela extração do calcário. Alguma medida está sendo tomada para evitar isso?*

tando: fizemos convênio com a *Terra Nova*, uma instituição italiana de desenvolvimento, e estamos buscando o auxílio de outras instituições. Já iniciamos a criação de abelhas e a introdução de algumas espécies agrícolas mais resistentes. A idéia é formar agricultores e apicultores que usem tecnologias simples, adaptadas às condições da região.

— *Têm outros planos?*

— Pretendemos incentivar o turismo na região através do parque, dos sítios arqueológicos e do museu que estamos começando a organizar. São Raimundo Nonato fica numa região de rara beleza, uma das poucas áreas de caatinga ainda preservadas no país. O potencial turístico é grande. Na Austrália há parques na-



cionais semelhantes ao da Serra da Capivara, com três ou quatro abrigos com pinturas, muito bem explorados do ponto de vista turístico, o que trouxe o desenvolvimento da região e forneceu trabalho para o pessoal local. Em São Raimundo Nonato, as condições para se fazer algo semelhante são ainda mais favoráveis.

Se nossos planos derem certo, poderemos mostrar que a pesquisa científica básica, além de fornecer conhecimento sobre determinadas regiões do país, pode também ser fator de desenvolvimento econômico. Em São Raimundo Nonato, vive-se da agricultura quando chove. Quando não chove, e isso pode significar dois ou três anos, é a miséria.

Preocupamo-nos também com o futuro paisagístico da região, com os danos que poderão advir de nosso próprio trabalho. Por exemplo, no sítio que estamos escavando atualmente — a antiga lagoa onde foram encontrados os fósseis animais e as pedras lascadas — se formará um buraco de cerca 200 m de comprimento, 30 m de largura e 8 m de profundidade mínima. Nossa idéia é, em vez de tapar o buraco, transformá-lo numa barragem que ajude a resolver o problema da falta de água na região.

Conseguimos financiamento da Fundação Banco do Brasil para transformar a toca do boqueirão da Pedra Furada, que atualmente é o mais antigo sítio arqueológico das Américas, num museu a céu aberto. Guardamos testemunhos da sua estratigrafia, amostras dos materiais encontrados, e preservamos as pinturas rupestres. Com o financiamento, faremos muros de contenção para evitar desmoronamentos e deixar a parte escavada e limpa acessível aos visitantes. Será possível ver como era o solo no momento em que ali chegaram os homens, onde buscavam a água (encontramos na escavação uma fonte que estava completamente aterrada) e as pinturas que fizeram.

— *Quantas pessoas estão envolvidas atualmente nos trabalhos?*

— O projeto começou pela arqueologia. Iniciamos como uma Missão Franco-Brasileira financiada, da parte da França, pelo Ministério de Relações Exteriores e pela Escola de Altos Estudos em Ciências Sociais e, da parte do Brasil, pela Fundação Ford do Brasil, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

A partir de 1978, a pesquisa tornou-se interdisciplinar, porque fomos percebendo que não se conhecia nada da geologia, botânica ou zoologia da região. Como reconstituir as sociedades pré-históricas, o clima e o ecossistema em que viviam, sem ter alguns parâmetros atuais? Começamos então a trabalhar com geólogos, botânicos e zoólogos. No início, éramos 12 franceses e dois brasileiros. Atualmente, somos 32 especialistas, dos quais apenas cinco franceses. A missão foi, aos poucos, incorporando brasileiros e formando pessoal.

— *Como é gerenciado o projeto?*

— Em 1986, criamos a Fundação Museu do Homem Americano, uma entidade que engloba todos os profissionais envolvidos — pessoal local, das universidades francesas e brasileiras — e as várias faces do projeto. É uma fundação particular, sem fins lucrativos, o que nos dá maior agilidade na captação e aplicação de recursos. A fundação tem dois tipos de atividade: a primeira é a pesquisa científica, que envolve também formação e capacitação de pessoal; a segunda é a aplicação dos resultados das pesquisas ao desenvolvimento local.

Os pesquisadores gerenciam apenas a parte de pesquisa. O pessoal local, alguns formados por nós, faz a administração, a con-

tabilidade e a digitação dos dados. Para gerenciar a parte de desenvolvimento, temos técnicos em administração, mantidos pelo convênio feito com a Terra Nova.

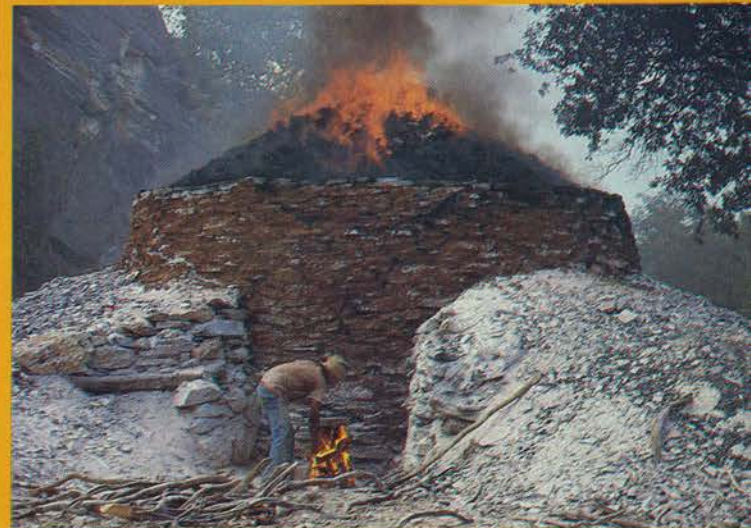
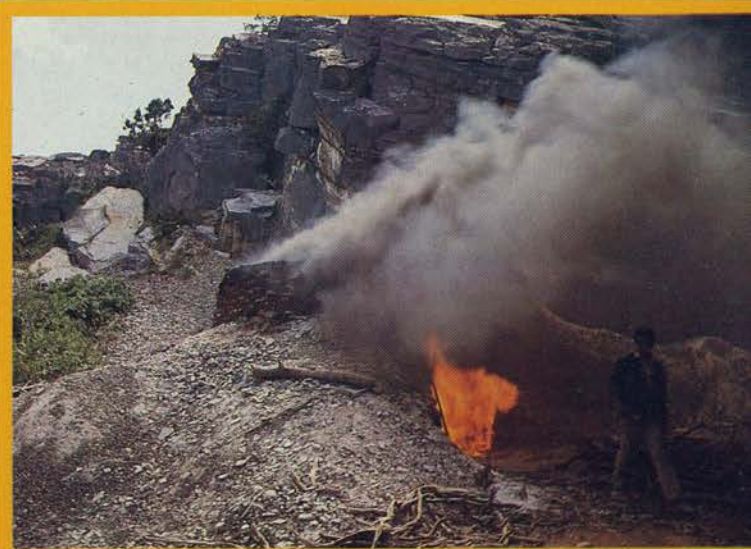
— *Qual a duração prevista para o projeto?*

— O problema é que cada dia aparece um sítio novo por lá. Acredito que São Raimundo Nonato pode render, pelo menos, 50 anos de pesquisa. É inesgotável, a menos que se depredem os sítios.

— *Há trabalhos similares na América do Sul? Outras datações corroboram a hipótese de vocês?*

— No Chile, existe a datação de uma equipe americana de 33 mil anos, mas é apenas uma e, na camada que eles dataram, foram encontradas poucas peças de pedra lascada. Nós, na camada datada em 50 mil anos, encontramos cerca de 600 peças. Mas isso também é uma questão de técnica e de área pesquisada, muito maior no nosso estudo.

Acontece também que muitos pesquisadores, por acreditarem que a América foi povoada tardiamente, escavam apenas até as



EXTRAÇÃO DO CALCAREO, SÃO RAIMUNDO NONATO



## ENTREVISTA

camadas de oito ou doze mil anos. É acreditar demais na teoria. Na Amazônia, por exemplo, ninguém tinha pesquisado abaixo da chamada terra preta. Uma pesquisadora, Anna Roosevelt, está fazendo isso e tem descoberto coisas novas. A reconstituição e a datação para a cerâmica da Amazônia, por exemplo, já caíram por terra.

— *Qual tem sido o destino do material coletado no Piauí?*

— O material permanece em São Raimundo Nonato. Nossa intenção é criar um museu de arqueologia no local das escavações. Não tem sentido dispersar o material ou entregá-lo a instituições que não têm infra-estrutura e pessoal técnico para tratá-lo. Nós temos o pessoal técnico, inclusive uma de nossas alunas está se doutorando em museologia em Paris, e sua tese aborda, entre outros aspectos, o papel social que um museu arqueológico pode ter no interior do Brasil.

— *Como avalia a qualidade da pesquisa arqueológica feita no Brasil em relação à realizada no exterior?*

— Embora haja profissionais trabalhando corretamente, acho que estamos parados nos anos 50. Não evoluímos significativamente. Várias pessoas saíram do país nos anos 60 para estudar, mas voltaram e não se reciclaram. Outras têm reputação, mas não são de fato especialistas em arqueologia pré-histórica: fizeram arqueologia clássica, têm uma boa cultura, são formadas na USP, mas não têm conhecimento específico da arqueologia nacional e, sobretudo, falta-lhes prática no país. Basta comparar o desenvolvimento da arqueologia no Sul e no Nordeste do Brasil: começamos mais tarde, mas já é possível fazer uma síntese da história do homem na área de São Raimundo Nonato. Fazemos uma arqueologia da área, que nos fornece uma visão global. A arqueologia praticada no Sul do país até agora é o que chamamos arqueologia de sítio: escava-se um sítio, descrevem-se os tipos de pedras e cerâmicas encontrados, mas não se estabelecem relações entre os diversos sítios estudados. Hoje é impossível fazer uma síntese do conhecimento de arqueologia no Brasil, ele está totalmente atomizado.

Em outros países, a pesquisa é programada em função daquilo que se conhece, com hipóteses de trabalho estabelecidas no sentido de se ir completando um quadro previsto. Acho que o projeto no Piauí é a primeira tentativa de reconstituir a história do homem no Nordeste e, a partir desse conhecimento, no Brasil todo. Alguns acham o nosso projeto ambicioso, mas somos várias pessoas trabalhando e temos a possibilidade de captar auxílios para fazer estas e outras coisas... então por que não fazer? Poderíamos virar as costas e ir embora, mas temos um compromisso de 20 anos, inclusive com o pessoal de São Raimundo Nonato que trabalha conosco. Alguns eram camponeses analfabetos e hoje manipulam teodolitos, anotam os dados; aprenderam trigonometria suficiente para fazer uma topografia e um plano de sítio em curva do nível, coisas raras no Brasil. Tenho pessoas de lá que aprenderam a escavar e o fazem com mestria. Outras se especializaram na coleta e moldagem dos ossos, com resinas extremamente modernas. Quando o museu estiver funcionando, poderemos vender esse serviço para outros países da América do Sul, porque somos o único país que possui especialistas que conhecem essa técnica. Acho que isso faz parte do retorno que o pesquisador deve dar à sociedade, sobretudo em regiões pobres, como o Nordeste brasileiro. Que nos custa isso? Apenas um pouco de trabalho a mais e nosso *know how* sobre como conseguir financiamentos.

## DA PREGUIÇA-GIGANTE AO TATU-BOLA





Os habitantes pré-históricos do sudeste do Piauí viviam em um cenário muito diferente do atual. Os campos e cerrados da planície e do alto das chapadas alternavam-se com as florestas que tomavam os vales, os contrafortes e as margens dos rios. Por essa paisagem vagavam preguiças-gigantes, mastodontes, tigres-dentes-de-sabre, lhamas e outros animais hoje desaparecidos da região ou totalmente extintos. Às margens dos rios, que eram perenes, e das muitas lagoas marginais, abundavam as capivaras, os jacarés, os cervos-do-pantanal e a briba (*Dracaena* sp), grande lagarto aquático comedor de caracóis, hoje restrito ao Pantanal e à bacia amazônica.

Bem outro é o cenário atual. A vegetação dominante é a caatinga, muito bem adaptada ao clima semi-árido e com muitas espécies endêmicas. Os rios correm apenas na época das grandes chuvas; nas estiagens, reduzem-se a umas poucas poças ou secam. Aqui e ali, porém, ainda se encontram testemunhos do passado: nos baixões e *canyons* da serra da Capivara, há 'ilhas' de floresta semidecídua e de cerrado; em certas lagoas e açudes próximos ao rio Piauí persistem populações de jacarés *Caiman crocodilus* e cágados *Phrynops geoffroanus*, embora seu habitat por vezes seque por completo durante as secas.

A fauna atual, ainda que não exiba espécies tão espetaculares quanto os tigres-dentes-de-sabre, não é menos interessante. Até o início dos anos 80, o sudeste do Piauí nunca tinha sido estudado do ponto de vista zoológico. O trabalho dos pesquisadores associados à Fundação Museu do Homem Americano (Fundham) e à Fundação Oswaldo Cruz, à Universidade de Campinas (Unicamp) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) permitiu, em pouco tempo, a descoberta de novas espécies, como um morcego nectarívoro do gênero *Lonchophylla* (que está sendo descrito por Maria Fátima B. de Sousa, da Embrapa) e um lagarto do gênero *Tapinurus* (descrito por Paulo Roberto Manzani, da Unicamp, e Augusto Abe, da Universidade do Estado de São Paulo). Note-se que esse lagarto, até há pouco ignorado pela ciência, talvez seja o animal mais comum na serra da Capivara, à qual parece ser restrito.

As pesquisas têm se concentrado na área do Parque Nacional Serra da Capivara e seu entorno, e os dados coletados serviram de subsídio para a elaboração do plano de manejo de parque, no âmbito de um con-

vênio da Fundham com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). O objetivo final do plano é recuperar as comunidades biológicas que ali existiam antes da colonização e manter populações viáveis das espécies que as compunham.

Na área do parque vivem várias espécies de mamíferos, sendo que um grupo importante é representado por cinco espécies de tatu e duas de tamanduá nativas da região. Como todas as espécies maiores, esses animais têm sido exaustivamente caçados e suas populações foram reduzidas.

O tatu-bola *Tolypeutes tricinctus*, comum sobretudo na caatinga, hoje é muito raro, e há mais de 15 anos não se vê o tatu-canastra *Priodontes maximus*. Do tamanduá-bandeira *Myrmecophaga tridactyla* parece só restar um punhado de indivíduos. Mas o tamanduá-mirim *Tamandua tetradactyla* ainda é comum. Os veados existentes na região (*Mazama americana* e *M. gouazoubira*) tornaram-se raros, assim como o caititu *Tayassu tajacu*. A queixa-da *Tayassu pecari*, chamada 'porco-tenente' pela valentia, parece estar extinta.

Os predadores desses animais são a onça-pintada *Panthera onca* — cujas pegadas às vezes podemos encontrar — e a suçuarana *Felis concolor*. Esta, mais comum, às vezes ataca o gado, sendo então perseguida e morta, em geral com armadilhas. A estes grandes predadores somam-se os gatos-do-mato (*Felis tigrina* e *F. yagouaroundi*), as raposas *Dusicyon thous* e *D. vetulus* e o cangambá *Conepatus simistriatus*.

Nos angicais, vê-se o sagüi *Callithrix jacchus* e nos *canyons* pode-se encontrar o macaco-prego *Cebus appela*. Muito comuns nos afloramentos de rocha e nos paredões são o mocó *Kerodon rupestris*, endêmico da caatinga, e os ratos-rabudos *Trichomys apereoides*.

Os animais que mais se vêem no parque, porém, são as aves, entre as quais estão populações de espécies raras, como o jacucaca *Penelope jacucaca*, a zabelê *Crypturellus noctivagus zabele*, o bico-virado-da-caatinga *Megaxenops parnaguai*, o beija-flor *Phaethornis gounellei* e a choca *Herpsilochmus pileatus*.

Nos paredões dos *canyons* nidificam o urubu-rei *Sarcoramphus papa*, o corujão *Bubo virginianus*, a águia-chilena *Geraonetus melanoleucus*, o papagaio *Amazona aestiva*, a maracanã *Ara maracana* e a arara-vermelha *Ara chloroptera*. A área do parque em que as araras se concentravam

foi totalmente queimada em 1986, por um incêndio provocado por caçadores, e hoje não restam mais que uns 20 indivíduos.

Em qualquer afloramento de rocha encontram-se facilmente lagartos *Tapinurus* spp, *Cnemidophorus* spp e *Tropidurus hispidus*. Mais raros são o teiú *Tupinambis tequixim* e o camaleão *Iguana iguana*. A jararaca *Bothrops erythromelas* e as lagartixas *Vanzosia klugei* e *Briha brasiliana*, endemismos da caatinga, também são encontradas. As cascavéis *Crotalus durissus* e a jibóia *Boa constrictor* são comuns.

A fauna de anfíbios ainda é mal conhecida. As espécies mais notáveis são o grande sapo *Bufo marinus* e as gias *Leptodactylus* spp, que abundam durante as chuvas, valendo-se das poças e dos açudes para se reproduzir.

Os invertebrados do parque ainda não foram objeto de estudo sistemático, mas não faltam espécies interessantes, como os grandes escorpiões *Rhopalurus* sp e as diversas espécies de borboletas da família dos pierídeos, que aparecem aos milhares no início das chuvas.

A fauna do parque sofreu, e ainda sofre, efeitos negativos da ação humana. A caça, que sempre representou uma fonte de subsistência naquela região extremamente pobre, constitui um problema ali. A população não tem nenhum cuidado com a conservação; é costume dos caçadores, por exemplo, incendiar o habitat de suas presas. A isto se soma a destruição provocada pelo gado, que pasta dentro dos *canyons* e à volta das poucas fontes de água, e ainda pela retirada de lenha para os fornos de fabrico de cal.

Fundado há mais de dez anos, o Parque Serra da Capivara nunca teve fiscalização permanente. Questões como a demarcação dos limites e a desapropriação de terrenos habitados só recentemente começaram a ser resolvidas, e ainda há pessoas morando na reserva. O que esperamos é que a colaboração entre o Ibama e a Fundham se concretize em ações objetivas e coordenadas, que permitam salvar não apenas o maior patrimônio arqueológico do Brasil, mas um testemunho do rico patrimônio biológico das caatingas.

FÁBIO OLMS

FUNDAÇÃO MUSEU DO HOMEM AMERICANO



## PRÉ-HISTÓRIA REGISTRADA NA PEDRA

Nos sítios arqueológicos de São Raimundo Nonato — numa região de serras e boqueirões — é freqüente a presença de pinturas e gravuras rupestres de origem pré-histórica.

A diversidade dos desenhos e técnicas utilizados permitiu uma classificação preliminar das gravuras e pinturas, que as correlacionam a diferentes grupos étnicos e períodos cronológicos. Hoje sabemos que essa atividade gráfica foi praticada desde há, no mínimo, 25 mil anos, embora nos vestígios mais antigos não possamos reconhecer figuras, o que impede sua classificação.

O conjunto de pinturas rupestres que predomina quantitativamente na área é a chamada 'tradição Nordeste', que remonta a 12 000-6 000 anos. A maior concentração encontra-se no município de São Raimundo Nonato, mas sua presença vem sendo detectada por todo o Nordeste. Em especial, uma concentração importante dessa tradição encontra-se na região do Seridó, no Rio Grande do Norte.

As pinturas da tradição Nordeste têm características marcantes, sendo facilmente reconhecíveis. Com muita freqüência representam cenas da vida cotidiana ou cerimoniais dos grupos que habitavam a região na época. Nelas, é possível reconhecer figuras humanas, animais, objetos e plantas, dispostos de maneira a representar ações diversas, como a caça, a coleta de alimentos, atividades sexuais, danças e atividades lúdicas. Há ainda, nesse grupo, figuras que representam atividades que não conseguimos identificar e que se repetem de maneira persistente.

Em seu conjunto, essas pinturas compõem um universo de ação e representação extremamente rico do ponto de vista antropológico. Por sua abundância, compõem um verdadeiro dossiê de documentação visual da pré-história, uma fonte de informação privilegiada para a reconstituição da vida do homem americano. Estudada por meio de um arsenal variado de procedimentos e associada a informações derivadas do estudo de outros tipos de vestígios, essa documentação permite levantar hipóteses que superam os limites do estudo de cada fonte isolada, interessando ao conjunto da pesquisa pré-histórica na região.

A identificação, nesses registros rupestres, de padrões gráficos correspondentes a diferentes grupos humanos em diferen-

tes momentos da pré-história permite caracterizar os grupos étnicos responsáveis pela sua autoria. Esse estabelecimento de padrões gráficos é possível porque cada sociedade apresenta características culturais peculiares, que a identificam e diferenciam das demais. Hoje, no mundo ocidental, por efeito da ação homogeneizante da mídia, essas diferenças parecem mínimas. Mas este é um processo recente; na época em que estamos interessados, as diferenças eram drásticas, traduzindo-se em posturas, gestos, vestimentas, objetos, em suma, em todo um complexo de ritos, no sentido amplo do termo, tanto no plano do cotidiano como no do cerimonial. Tais comportamentos partilhados, próprios da cultura, compunham o universo simbólico de cada sociedade e expressavam-se necessariamente em sua atividade gráfica.

O estudo das pinturas da tradição Nordeste permitiu identificar dois padrões gráficos que correspondem a momentos diferentes no tempo pré-histórico da região: um corresponde às primeiras manifestações dessa tradição e o outro se situa no período final. Seriam obra de dois grupos que teriam tido origem comum, mas entre um e outro padrão há diferenças substanciais, tanto no plano dos procedimentos técnicos utilizados como nos componentes do universo simbólico privilegiados na representação. Em especial, nota-se o abandono de um tipo de narrativa dinâmica, que domina no primeiro momento, em favor de representações mais simples e estáticas no segundo, embora contenham adornos barrocos, cujos motivos não são identificáveis.

No plano da significação dessas expressões gráficas, pouco pode ser afirmado. Toda prudência é necessária, pois, em se tratando de pré-história, faltam-nos informações sobre o contexto, decisivas no esclarecimento do sentido. As significações possíveis são tantas quantas a imaginação possa conceber — multiplicidade que as torna estéréis para a pesquisa pré-histórica. Assim, em lugar de uma busca necessariamente especulativa e incerta de significados, cabe à pesquisa nessa área buscar identificar os padrões gráficos que correspondem a diferentes grupos étnicos, considerando inclusive as características de outros tipos de vestígios que deixaram.

Ainda em São Raimundo Nonato, pôde ser identificado outro conjunto de pinturas



PINTURA RUPESTRE, SÃO RAIMUNDO NONATO

rupestres, aparentemente tão antigo como a tradição Nordeste: a chamada 'tradição Agreste', que remonta a dez mil anos. Os grafismos desta representam figuras reconhecíveis, mas estáticas, algumas de grande tamanho. A técnica utilizada é muito menos refinada e cuidada que a da tradição Nordeste. Na tradição Agreste identificam-se também padrões gráficos diferentes, mas os estudos a respeito ainda não foram aprofundados. Fato curioso é que, nos sítios em que estão presentes grafismos das duas tradições, as figuras da tradição Agreste tendem a se superpor às da tradição Nordeste, mesmo quando havia em volta espaços vazios utilizáveis.

O quadro das manifestações rupestres na região se completa com registros gráficos pintados ('tradição Geométrica') e gravados (tradições 'Itacoatiara de Leste' e 'Itacoatiara de Oeste') em que as figuras representadas não são reconhecíveis. Neste caso, é principalmente com base na análise técnica que diferentes padrões gráficos podem ser estabelecidos.

Os ritos têm uma persistência muito profunda nas diferentes etnias, pois, transmitidos pela observação e a imitação, são incorporados de maneira espontânea, não consciente. São eles o mais importante referencial para a comunicação entre os membros de uma mesma etnia. A pesquisa dessas representações gráficas exige que se transcenda o plano da mera descrição para privilegiar o das relações. Esse trabalho, realizado numa perspectiva interdisciplinar, abre caminho para um estudo comparado dos ritos, alargando as perspectivas do estudo da pré-história.

ANNE-MARIE PESSIS

FUNDAÇÃO MUSEU DO HOMEM AMERICANO