

CADERNOS SBPC



# SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA

Diretoria 2003/2005

Presidente Ennio Candotti

Vice-Presidentes Carlos Vogt e Dora Fix Ventura

Secretário-Geral Regina Pekelmann Markus

Secretários Ana Maria Fernandes, Maria Célia Pires Costa e Tarcísio Haroldo Cavalcante Pequeno

1º Tesoureiro Aldo Malavasi

2º Tesoureiro Keti Tenenblat

## Presidentes de Honra

---

Aziz Nacib Ab'Saber  
Carolina M. Bori  
Crodowaldo Pavan

Ennio Candotti  
José Goldemberg  
José Leite Lopes

Oscar Sala  
Ricardo Ferreira  
Sérgio Henrique Ferreira  
Warwick Estevam Kerr

## Conselho | Membros efetivos

---

Aziz Nacib Ab'Saber  
Carolina M. Bori  
Crodowaldo Pavan

Ennio Candotti  
Glaci Zancan  
José Goldemberg

Oscar Sala  
Sérgio Henrique Ferreira  
Warwick Estevam Kerr

### Área A

Antonio Rafael da Silva (MA) (01/05)  
Vera Maria Fonseca de Almeida e Val (AM) (01/05)  
Lúcio Flávio de Faria Pinto (PA) (03/07)

### Área B

Jailson Bittencourt de Andrade (BA) (01/05)  
Sérgio Machado Rezende (PE) (01/05)  
Gizélia Vieira dos Santos (BA) (03/07)  
Lúcio Flávio de Sousa Moreira (RN) (03/07)

### Área C

Ana Maria Bonetti (MG) (01/05)  
Magda Maria B. de Almeida Neves (MG) (01/05)  
Paulo Sérgio Lacerda Beirão (MG) (01/05)  
João Cláudio Todorov (DF) (03/07)  
Maria Stela Grossi Porto (DF) (03/07)

### Área D

Marco Antonio Raupp (RJ) (01/05)  
Reinaldo Guimarães (RJ) (01/05)  
Alzira Alves de Abreu (RJ) (03/07)  
Ildeu de Castro Moreira (RJ) (03/07)

### Área F

Helga Winge (RS) (01/05)  
José Vicente Tavares dos Santos (RS) (01/05)  
Miguel Pedro Guerra (SC) (01/05)  
Dante Augusto Couto Barone (RS) (03/07)

### Área E

Amélia Império Hamburger (SP) (01/05)  
Myriam Krasilchick (SP) (01/05)  
Walter Colli (SP) (01/05)  
Maria Clotilde Rossetti Ferreira (SP) (03/07)  
Marilena de Souza Chauí (SP) (03/07)

## Secretários Regionais e Seccionais | Mandato 2004/2006

---

### Área A

Rosany Piccolotto Carvalho (AM)  
Antonio José Silva Oliveira (MA)  
Silene Maria Araújo de Lima (PA)

### Área B

Caio Mário Castro de Castilho (BA)  
Armênio Aguiar dos Santos (CE)  
Telmo Silva de Araújo (PB)  
Ivan Vieira de Melo (PE)  
Joaquim Campelo Filho (PI)  
Nelson Marques (RN)

### Área C

Cesar Martins de Sá (DF)  
Reginaldo Nassar Ferreira (GO)  
Miramy Macedo (MT)  
Robson Mendes Matos (MG)

### Área D

José Geraldo Mill (ES)  
Maria Lucia Maciel (RJ)

### Área F

Marcos Cesar Danhoni Neves (PR)  
Izaura Hiroko Kuwabara (Seccional de Curitiba)  
Rita Maria Sílvia Carnevale (RS)  
Mário Steindel (SC)

### Área E

Soraya Soubhi Smaili (SP)

REGISTRO DOS DEBATES  
DA 56ª REUNIÃO ANUAL

CADERNOS SBPC



**Biodiversidade  
e Clima**

2 0 0 4

## **Biodiversidade e Clima**

Cobertura jornalística feita a partir de conferências e mesas-redondas apresentadas na 56ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)

Coordenação editorial

**Alicia Ivanissevich**

Reportagem

**Fred Furtado**

**Roberto Barros de Carvalho**

**Tháís Fernandes**

**Wanda Jorge**

Projeto gráfico e diagramação

**Ana Videira**

Fotolito e Gráfica

**Artis Artes Gráficas**

Nossos agradecimentos a Pedro Gomes Ribeiro, Theresa Cristina Coelho, Tiago Carvalho e Pau & Prosa Comunicação.

Um primeiro registro para reflexão .....	7
Moratória para o desmatamento .....	9
Florestas <i>versus</i> efeito estufa: a sobrevivência em jogo .....	15
Amazônia: conhecimento, preservação e progresso .....	30
Genes contra a extinção .....	43
De olho no Pantanal .....	53



# Um primeiro registro para reflexão

Este ano, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) decidiu registrar em cadernos temáticos os principais debates ocorridos durante sua 56ª Reunião Anual, de 18 a 23 de julho de 2004, na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em Cuiabá (MT). Uma equipe de quatro repórteres foi destacada para reunir, nesta publicação, boa parte das conferências e mesas-redondas realizadas na UFMT. Aqui estão incluídas também as questões levantadas pelo público – professores, estudantes e pesquisadores – que participou dos eventos.

É importante ressaltar que, numa seleção, seja ela qual for, sempre cometem-se injustiças, seja por deixar de lado palestras ou simpósios igualmente importantes que por certos limites ou imprevistos não puderam ser assistidos, seja por incorrer no risco de interpretar erroneamente as falas dos expositores. Por isso, queremos deixar claro que esta é uma versão preliminar – não revista pelos conferencistas e debatedores – e não pretende ser nada além de munição para a reflexão de temas atuais que afetam direta ou indiretamente toda a sociedade.

**Coordenação editorial**



## Moratória para o desmatamento

Como é tradição, a 56ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), o maior encontro de ciência da América Latina, foi aberta na tarde de um domingo de julho, reunindo um público de estudantes, professores universitários e pesquisadores interessados em debater as questões que hoje afligem o país. Foi durante a sessão inaugural no teatro da Universidade Federal de Mato Grosso que o presidente da SBPC, o físico Ennio Candotti, pediu uma moratória para o desflorestamento da Amazônia e propôs uma trégua para os empresários envolvidos com atividades que incluem a derrubada de florestas. “Vamos juntos promover um encontro entre produtores de gado e soja e a comunidade científica e colocar na mesa de negociações a redução do desmatamento a zero. Vamos encontrar alternativas para o desenvolvimento econômico da região”, sugeriu Candotti.

Mostrando um Rikbak, cesto que canoieiros da bacia do rio Jurema, no noroeste do Mato Grosso, usam para carregar suas crianças, o presidente da SBPC iniciou uma longa reflexão: “Abrindo o Rikbak, encontro uma criança. Pergunto para que servirá? O que a vida lhe reserva: sofrimento e miséria, coragem, solidariedade, saber? Com ela, no mesmo Rikbak, encontro maldade, inveja, mentira, e todas as misérias humanas que ela encontrará em seu caminho. Vejo também um mundo em conflito. Vejo a guerra que os poderosos tra-

vam para preservar as misérias. O lucro e a propriedade ocupam nesse berço muito mais espaço que a solidariedade e os direitos humanos. Vejo queimadas e terras devastadas. Alguns níqueis, árvores cortadas e muito boi pastando e um punhado de grãos misturados com pequenas moedas.”

Inspirado nessa alegoria, Candotti observou que um compromisso de solidariedade e ação reunia os presentes no encontro da SBPC, dentro da universidade, para

**“A floresta amazônica é o grande laboratório científico da nossa civilização. Queimá-lo é queimar a nossa memória e o nosso futuro. Lá estão os segredos da vida e a memória da história natural. As culturas que lá vivem conhecem segredos que os antepassados lhes legaram”**

Ennio Candotti

Presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

impedir que essa história de fato aconteça. “Para agir precisamos de uma bússola, alguns princípios e algumas imagens, para ter certeza de que estamos falando, perguntando, discutindo a mesma coisa”, afirmou, destacando alguns itens da Constituição Federal que se referem à proteção de nosso patrimônio natural. Pela lei, aquele que degradar o meio ambiente fica obrigado a recuperá-lo. A legislação também dita que as terras destinadas à implantação de unidades de conservação, para proteger ecossistemas naturais, são indisponíveis para outros usos, sejam áreas devolutas (públicas) ou áreas obtidas pelos estados em ações judiciais.

“Derrubamos uma ditadura para escrever essa Constituição e entregamos aos nossos filhos um papel estampado. Alguma coisa está errada”, apontou o presidente da SBPC, listando dados: 25 mil km<sup>2</sup> de floresta amazônica são derrubados a cada ano e um quinto da floresta já foi derrubada. “Para quê?”, indagou. “Para boi pastar e plantar soja.”

O físico alertou que, se os bois e a soja ganharem essa ‘guerra’, a vida civilizada nessas terras será impossível, havendo razões para a criança do Rikbak chorar. Segundo ele, não se trata apenas de defender

a Constituição e com ela o direito de construir nossa própria história, mas também de construí-la com a caneta que a ciência e o conhecimento nos oferecem.

“A floresta amazônica é o grande laboratório científico da nossa civilização. Queimá-lo é queimar a nossa memória e o nosso futuro. Lá estão os segredos da vida e a memória da história natural. As culturas que lá vivem conhecem segredos que os

antepassados lhes legaram”, denunciou Candotti. “Na sociedade do conhecimento, todos os povos gostariam de ter um laboratório desses, uma floresta em pé.”

## O milagre do conhecimento

O presidente da SBPC criticou o caráter imediatista de algumas atividades econômicas, reforçando a necessidade de se investir no conhecimento. “Anos atrás diziam que a soja rendia pouco por hectare. Multiplicamos por três sua produtividade nos últimos 20 anos. Diziam que não saberíamos extrair petróleo em águas profundas, mas conseguimos fazê-lo”, lembrou. “Agora afirmamos que podemos extrair da floresta grandes riquezas, sem destruí-la. Precisamos de tempo e pedimos que ela não seja destruída. Procuramos o entendimento.”

Sem temor, Candotti lançou seu alerta aos que considera inimigos da nação: “Não confundam os inimigos nossos modos civilizados. Estamos dispostos a combater com armas contundentes em defesa da floresta e seus laboratórios naturais. É intolerável, seria grave omissão, calar diante do triunfo da ignorância. Derrubar a floresta para que bois e soja possam pastar.”

O físico avisou que, nessa luta, conta com aliados poderosos e lembrou que o governo federal nomeou uma Comissão Interministerial para tratar da questão do desmatamento, e o governo do Mato Grosso criou um rigoroso sistema de licenciamento ambiental.

“Das 45 mil propriedades com mais de 300 hectares, cerca de 6 mil estão cadastradas e operam, plantam e desmatam com as devidas licenças. Quarenta mil, não. Noventa por cento das queimadas ocorrem em propriedades não controladas pelo sistema de licenciamento, que não é tão rigoroso assim”, relatou Candotti. “É uma batalha difícil, levará algum tempo. Oferecemos nossas melhores forças para contribuir no esforço de colocar ordem na casa. Cobraremos resultados também com o mesmo rigor e determinação. Afinal, não é apenas a Constituição que está em jogo, mas também o futuro do Estado.”

**É uma batalha difícil, levará algum tempo. Oferecemos nossas melhores forças para contribuir no esforço de colocar ordem na casa. Cobraremos resultados também com o mesmo rigor e determinação. Afinal não é apenas a Constituição que está em jogo mas também o futuro do Estado”**

Ennio Candotti  
Presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

O presidente da SBPC observou ainda que o Parque do Xingu e o Pantanal, símbolos do estado mato-grossense, correm perigo de devastação. Ao destruir as matas ciliares, comprometem-se as cabeceiras dos rios. Ele questionou se a Comissão Interministerial teria utilizado todas as armas a seu dispor nessa guerra. Segundo ele, o crédito agrícola oferecido pelo governo não estaria sempre vinculado às necessárias licenças para desmatar. Por outro lado, incentiva-se a pecuária e o plantio de soja sem pensar em alternativas para a ocupação dos solos.

**“De nossa parte, levaremos para a mesa de negociações o que temos de mais precioso: a generosidade dos jovens brasileiros, nossos alunos das escolas e das universidades, que entendem a fronteira – essa do desmatamento – como uma fronteira do conhecimento, um conhecimento que pode promover a solidariedade e não a discórdia entre nós e com a natureza em que vivemos”**

Ennio Candotti

Presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

“Pesquisadores da Embrapa sugerem o uso de áreas degradadas convenientemente tratadas para plantio e criação de gado. Estudos revelam que é possível dobrar a produção de grãos e bois sem derrubar nenhuma árvore. É claro que a criação de gado pode ser feita em pastos menores utilizando alimentos que a tecnologia moderna sabe produzir. Oferecemos idéias como essas, e temos muitas outras em nossos laboratórios, em troca de uma trégua nessa guerra”, propôs Candotti, expressando seu desejo de contar, nessa negociação, com o auxílio do governador do Mato Grosso, Blairo Maggi, e do ministro de Ciência e Tecnologia, Eduardo Campos, presentes à solenidade “Não temos dúvidas de que a ministra do Meio Ambiente, Marina Silva, colaborará.”

### **Um voto de esperança**

O físico sugeriu ainda um esforço conjunto na busca de idéias e na arrecadação de recursos para alcançar esse objetivo antes que “a velhice adormeça a esperança da criança do nosso Rikbak”, acrescentando: “De nossa parte, levaremos para a mesa de negociações o que temos de mais precioso: a generosidade dos jovens brasileiros, nossos alunos das escolas e das universidades, que entendem a fronteira – essa do desmatamento – como uma fronteira do conhecimento, um conhecimento que deve promover a solidariedade e não a discórdia entre nós e com a natureza em que vivemos.”

Candotti lembrou que, tempos atrás, apresentara ao Conselho Nacional de De-

envolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Presidente da República proposta para converter um terço da dívida do Governo com a comunidade científica – que hoje soma cerca de R\$ 3 bilhões – em um programa de bolsas para a formação de pesquisadores e técnicos especializados em questões de ciência e tecnologia próprias da floresta amazônica. Ele calculara na época que, dessa forma, o Governo poderia pagar sua dívida em suaves prestações de R\$ 15 milhões por mês, sem juros adicionais. Condições, a seu ver, muito mais civilizadas do que as impostas pelo Fundo Monetário Internacional (FMI).

“Com esses recursos, poderíamos custear a formação, em seis anos, de 5 mil engenheiros, sanitaristas, botânicos, agrônomos, antropólogos, assim como fixar na região mil pesquisadores e especialistas de sólida formação, que colaborassem com os que aqui já se encontravam”, estimou o presidente da SBPC. “Seria um bom começo. Concreto. E também a Constituição ficaria contente. Afinal, ela dita, em seu capítulo V, que: ‘O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológica. A pesquisa básica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso das ciências.’ E mais: ‘O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa e tecnologia e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho’.”

Segundo Candotti, dessa forma, haveria também trabalho para a universidade e seus estudantes: encontrar um substituto para o boi e a soja, vantajosos para a economia e para a ciência; e mostrar que uma árvore em pé vale mais do que uma deitada. “Vamos redesenhar nossa universidade. Em tempos de reforma, por que não ousar pensar em uma nova universidade, onde esse grande desafio do nosso tempo possa encontrar resposta que atenda aos imperativos do desenvolvimento e do conhecimento?”, indagou.

Ainda sobre a universidade, o físico sugeriu que, antes de pensar em modos de gestão, avaliações e vestibulares, deveríamos pensar onde queremos chegar e como formar, em tempos de cólera, cidadãos capazes de usar o conhecimento para construir

**“Vamos redesenhar nossa universidade. Em tempos de reforma, por que não ousar pensar em uma nova universidade, onde esse grande desafio do nosso tempo possa encontrar resposta que atenda aos imperativos do desenvolvimento e do conhecimento?”**

Ennio Candotti  
Presidente da Sociedade  
Brasileira para o Progresso  
da Ciência

um país digno, onde haja também lugar para boi pastar e a soja florir sem que para isso seja necessário derrubar a floresta e contar histórias para boi dormir. “Aliás, devemos, sim, contar histórias, mas para embalar a criança que ainda dorme no nosso Rikbak, pelo menos enquanto os males dele saírem e a esperança lá permanecer”, disse, retomando sua alegoria inicial.

**“Não podemos abrir mão do nosso desenvolvimento. Hoje, de 25% a 28% de nossa área estão sendo utilizados para a agricultura ou para a pecuária. Temos capacidade para alcançar o percentual de 40%, e iremos fazê-lo”**

Blairo Maggi  
Governador do Mato Grosso

### **Veto à moratória**

O governador Blairo Maggi não acolheu a proposta de Candotti, informando que continuará incentivando projetos de expansão agrícola e pecuária em seu estado. Maior produtor de soja individual do mundo, Maggi argumentou que Mato Grosso ainda tem uma margem de 12% a 15% para plantar grãos ou para pastagem para gado. “Falando de nós – do Mato Grosso –, sou contra a moratória”, disparou.

Segundo o governador, o estado precisa crescer, o que, na sua opinião, só acontecerá se o modelo desenvolvimentista atualmente em execução for mantido. “Não podemos abrir mão do nosso desenvolvimento. Hoje, de 25% a 28% de nossa área estão sendo utilizados para a agricultura ou para a pecuária. Temos capacidade para alcançar o percentual de 40%, e iremos fazê-lo”, ameaçou.

Dados do próprio governo, divulgados este ano pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (Fema), indicam que o desmatamento em Mato Grosso atingiu, entre 2002 e 2003, uma área de 2,6 milhões de hectares, extensão superior à do Sergipe. Isso significou um salto de 55% em relação ao biênio anterior, o que supera o registrado nos últimos 10 anos.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, 44% dos 22.750 km da floresta amazônica desmatados no país em 2003, primeiro ano da gestão de Maggi, foram em Mato Grosso. Para inibir tal degradação, segmentos do governo federal defendem a publicação de portaria do Ministério do Meio Ambiente (MMA) que declara todo o norte do estado como área de floresta, o que autorizaria a exploração e o desmatamento em apenas 20% do território, e a transformação do restante (80%) em reserva legal.

## Florestas *versus* efeito estufa: a sobrevivência em jogo

As crescentes emissões de gás carbônico para a atmosfera e o conseqüente aumento do efeito estufa nos últimos anos têm provocado alterações climáticas em todo o planeta, entre elas o aquecimento global. A queima de combustíveis fósseis e o mau uso da terra, como os desmatamentos e as queimadas, são os maiores responsáveis por essa situação, que pode levar à redução e modificação de florestas, extinção de espécies, prejuízos sociais e até, em uma previsão mais drástica, ao fim da vida como a conhecemos atualmente. Nesse cenário, a preservação das florestas e a adoção de fontes de energia alternativas assumem um papel fundamental, suscitando o debate sobre a responsabilidade de cada país. No Brasil, a maior contribuição seria evitar os desmatamentos, hoje responsáveis por grande parte das nossas emissões. Essas questões foram debatidas pelo meteorologista Carlos Nobre, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), no simpósio 'Gás carbônico, florestas e aquecimento global – créditos de carbono'. Ele falou ainda sobre os mecanismos de desenvolvimento limpo propostos no Protocolo de Kyoto e a viabilidade econômica da comercialização de créditos de carbono no mundo.

Hoje, a atmosfera da Terra é constituída por 78% de nitrogênio e 21% de oxigênio, além de gases minoritários,

cujo mais importante é o vapor d'água, com cerca de 0,8%. Há gases em quantidades muito menores, como o dióxido de carbono ou gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), que, assim como o vapor d'água, o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o metano ( $\text{CH}_4$ ), tem a propriedade física de absorver um fóton de radiação eletromagnética na faixa do infravermelho termal (que gera calor) e retransmitir essa energia em todas as direções, inclusive para baixo. A Terra, então, está tentando permanentemente se esfriar, pois o calor que ela recebe do Sol e joga de volta para o espaço retorna. Esse fluxo de radiação térmica que aquece o planeta é o efeito estufa.

**“A queima de combustíveis fósseis e o mau uso da terra, como os desmatamentos e as queimadas, são os maiores responsáveis pelas alterações climáticas em todo o planeta, entre elas o aquecimento global, o que pode levar, em uma previsão mais drástica, ao fim da vida como a conhecemos atualmente”**

Carlos Nobre  
Instituto Nacional  
de Pesquisas Espaciais

Uma grande preocupação é que a quantidade de dióxido de carbono, assim como a de metano, está aumentando na atmosfera. Durante 5 milhões de anos, a concentração de  $\text{CO}_2$  não passou de 280 partes por milhão (ppm) – ou 0,028%. Nesse período, variações mínimas geraram climas muito diferentes: a temperatura média do planeta variou em uma faixa de 8°C negativos no pico das eras glaciais, com as calotas polares chegando ao meio do continente europeu, até 2°C, quando o mar de gelo sobre o oceano Ártico desapareceu. Após a era industrial (cerca de 150 anos atrás), a quantidade de  $\text{CO}_2$  começou a aumentar e hoje chega a 0,037%. Para Nobre, estamos conduzindo um experimento geofísico sem precedentes.

O pesquisador ressaltou que a atmosfera do nosso planeta já foi muito diferente do que é hoje. O gás carbônico, que vinha das camadas mais profundas da Terra por meio do tectonismo, era predominante (cerca de 90%). Nesse caso, se a quantidade de energia solar for alta – como em Vênus, que tem 85% de  $\text{CO}_2$  na atmosfera – o efeito estufa provocado pelos gases aprisiona a radiação e o planeta fica permanentemente aquecido. “A temperatura na superfície de Vênus é de 460°C; portanto, a água se transforma em vapor, impossibilitando a existência da vida como a conhecemos.”

Por isso, Nobre destacou a importância da fotossíntese para a história da evolução da atmosfera do nosso planeta e para manter a temperatura média atual de

15,7°C. Ele explicou que os primeiros seres vivos (bactérias) desenvolveram a capacidade de realizar uma forma primitiva de fotossíntese, que originou o processo atual realizado pelas plantas. A fotossíntese, então, retirou lentamente o excesso de CO<sub>2</sub> da atmosfera, depositando-o na matéria orgânica dos organismos vivos, incorporados ao solo quando morrem.

Segundo o balanço de carbono da década de 1990 do Painel Governamental de Mudanças Climáticas, a atmosfera tem hoje 760 bilhões de toneladas de dióxido de carbono. A Amazônia armazena cerca de 120 a 140 bilhões de toneladas, que iriam para a atmosfera caso a floresta desaparecesse, aumentando em cerca de 15% ou 20% o efeito estufa (ver 'Amazônia: fonte ou reserva de carbono?').

Nobre ressaltou que a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera está crescendo 3,2 bilhões de toneladas por ano, devido principalmente à queima de combustíveis fósseis e à produção de cimento, que liberam 6,3 bilhões, dos quais uma parte é absorvida pelo oceano e pela vegetação. "A isso, soma-se o efeito da queima de vegetação e do desmatamento, que emitem 1,5 bilhão de toneladas, sendo que o Brasil responde por 200 ou 300 milhões, especialmente por causa dos desmatamentos na Amazônia." Essa quantidade também é absorvida pela biota terrestre, que, no total, retira aproximadamente 3 bilhões de carbono da atmosfera todos os anos. No entanto, estudos indicam que os oceanos e a biota vão perder essa capacidade de remoção em um século. "Para evitar o aumento do efeito estufa, a única opção seria reduzir as emissões", disse.

Indagado sobre a extensão dos cálculos de liberação de carbono referentes às queimadas, Nobre esclareceu que os números incluem a substituição de vegetação do cerrado, mas apenas as mudanças permanentes, para não confundir com o fogo acidental. "Nesse caso, eventualmente o cerrado cresce de novo e reabsorve, através da fotossíntese, a mesma quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pelas queimadas", explicou. Com relação aos canaviais, o pesquisador citou estudos recentes, feitos em São Paulo pelo Instituto do Açúcar e do Alcool, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e por universidades, que mostram que a cana-de-açúcar hoje tem um balanço de emissões praticamente zero, devido às práticas modernas de agricultura, em que o álcool é o combustível de quase todos os veículos e equipamentos usados na produção. Há 20 anos, ainda havia emissões, porque os caminhões, tratores e máquinas consumiam diesel. "Além disso, a cana bem manejada, sem fogo, aumenta a quantidade de carbono no solo, pois retira o gás da atmosfera, fixando-o através

das raízes”, acrescentou ele, ressaltando que não defende a cana-de-açúcar, porque seu plantio tem outros problemas. Nobre lembrou ainda que o Brasil deve lançar em breve o inventário nacional de emissões por setores.

### **Amazônia: fonte ou reserva de carbono?**

Um debate importante na comunidade científica refere-se a saber se a Amazônia é fonte ou sumidouro de carbono, ou seja, se está perdendo ou ganhando carbono. Em uma análise preliminar, Nobre disse que a tendência é classificá-la como fonte, por ser um sistema que tem de 130 a 150 toneladas de carbono por hectare acima do solo (mais 25% de carbono das raízes da matéria orgânica). No entanto, o balanço dos estudos observacionais indica que as florestas não perturbadas podem estar funcionando como sumidouro.

O meteorologista afirmou que há diversas pesquisas em andamento sobre o fluxo de carbono na Amazônia, com cerca de 15 pontos de medição. Outra maneira de analisar o balanço de carbono são os inventários florestais, em que se mede o crescimento (diâmetro) das árvores uma vez por mês durante décadas. Segundo Nobre, a conclusão desses estudos mostra que as florestas, principalmente no oeste e leste

da Amazônia – excluídas as florestas de transição – absorvem de 0,8 a 1,5 tonelada de carbono ao ano por hectare. Como a Amazônia tem cerca de 400 milhões de hectares de florestas não perturbadas, descontado o que ela emite de carbono pelos desmatamentos (de 200 a 250 milhões de toneladas), ainda assim estaria funcionando como um pequeno sumidouro. “Globalmente, as florestas e a vegetação em geral retiram 3 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> da atmosfera. A Amazônia seria responsável, então, por cerca de 10% dessa quantidade.”

Questionado sobre a possibilidade de uma intervenção internacional caso seja constatado que a Amazônia é fonte de carbono, Nobre respondeu que não vê risco. “Não acredito, por exemplo, que os Estados Unidos – o principal país que poderia ter uma atitude militarista – tentem tomar a Amazônia, pois não teriam autoridade moral, já que não assinaram o Protocolo de Kioto.” •

## Drásticas previsões

O efeito estufa provoca mudanças climáticas em nível global, interferindo também nos ecossistemas. Essas alterações variam de acordo com a quantidade de gases na atmosfera. Nobre apresentou uma simulação do clima do planeta feita a partir de representações matemáticas, levando em conta dois cenários de emissão de gases. Para um modelo de alta emissão, a concentração de CO<sub>2</sub> – hoje de 370 ppm – chegaria a 850 ppm em 2100 se nada for feito. Em um cenário de baixa emissão, a concentração se estabilizaria em 550 ppm em aproximadamente 2050. Apesar das incertezas desses modelos, que geram variações nos cenários futuros de temperatura, é possível projetar que, no final do século, a América do Sul estaria de 2°C a 6°C mais quente, no caso de altas emissões, e de 1,5°C a 5°C, com baixas emissões.

A resposta do sistema climático seria tentar redistribuir esse maior aquecimento através dos ventos, o que acontece de forma complexa. Por isso, em alguns lugares as chuvas aumentariam e em outros diminuiriam. “Os modelos não conseguem projetar esse ciclo hidrológico com precisão”, explicou Nobre. Ele diz que essa é a principal dificuldade de se fazer projeções para o Brasil que possam, por exemplo, guiar políticas públicas de adaptação às mudanças do clima.

O pesquisador ressaltou que, no futuro, devemos esperar o aumento de eventos meteorológicos extremos, como chuvas intensas, vendavais, furacões, estiagens e secas. “Só não se pode prever onde irão ocorrer.” Ao falar do caso do furacão Catarina, que atingiu em março os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul com ventos de até 150 km/h (intensidade moderada), Nobre disse que atualmente existe uma corrente de cientistas que sustenta que já estamos vivendo a era das mudanças climáticas, já que esse tipo de fenômeno nunca tinha ocorrido na região. “Esse pode ser realmente um evento raro ou já pode ser uma resposta da atmosfera ao aquecimento. Não há maneira objetiva de responder.”

De acordo com estudos recentes desenvolvidos pelo Inpe, no Brasil, as alterações climáticas poderiam levar à diminuição da floresta, à expansão do cerrado para o norte e a uma tendência ao semi-árido ficar mais seco. Isso ocorreria porque, mesmo que

**“No futuro, devemos esperar o aumento de eventos meteorológicos extremos, como chuvas intensas, vendavais, furacões, estiagens e secas. Só não se pode prever onde irão ocorrer”**

Carlos Nobre  
Instituto Nacional de  
Pesquisas Espaciais

a chuva não variasse muito, quando a temperatura está mais alta as plantas precisam evaporar mais para manter seu equilíbrio térmico, gerando uma demanda de água maior. Essa situação favorece os biomas mais adaptados à escassez de água. “Por isso, o cerrado se expande, já que consegue sobreviver com seis meses de estação seca, enquanto a floresta precisa de água no solo o ano todo”, completou o meteorologista.

Essas simulações têm como base os biomas, sem levar em conta seus múltiplos ecossistemas e espécies. Mas Nobre acrescentou que há outra forma de avaliar o problema, adotada por um grupo do Centro de Referência em Informação Ambiental (Cria), de Campinas (SP), que observa a distribuição de espécies. A pesquisa analisa uma área onde ocorrem 162 espécies de árvores do cerrado. Considerando uma só espécie em dois cenários – com aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera de 0,5% ou 1% ao ano até 2055 –, sua área de ocorrência diminuiria muito por causa da mudança do clima. “Esse estudo indica que, no pior cenário, 56 das 162 espécies estariam extintas”, contou. Nobre citou outro trabalho desse grupo de pesquisadores – publicado na revista *Nature* – que faz uma análise global e conclui que se a temperatura aumentar 2° C nos próximos 50 anos, 24% dessas 162 espécies de árvores do cerrado desapareceriam.

O meteorologista explicou que os biomas e plantas têm uma capacidade muito limitada de acompanhar mudanças climáticas, o que pode levar muitos séculos ou até alguns milhares de anos. Mas as alterações estão ocorrendo em uma velocidade muito grande, com tendência a acelerar: hoje o planeta está 0,7° C mais quente do que 100 anos atrás. “Então, não é impossível imaginar que em 50 anos o planeta esteja 2° C mais quente se nada for feito, com a possibilidade de extinção em massa de espécies”, argumentou Nobre. Ele alertou que a Amazônia pode sofrer prejuízos semelhantes. “Espécies vegetais e animais que dependem de certos habitats e nichos ecológicos não conseguiriam se adaptar.”

Apesar de os sistemas biológicos naturais serem o elo mais fraco dessa cadeia de impactos, a população brasileira também será afetada, principalmente a de mais baixa renda, que tem pouca resistência à variação natural do clima. No Nordeste, por exemplo, há extrema vulnerabilidade à seca, que provoca perda de colheita, falta de alimento e de água e higiene precária. As regiões urbanas sofrem com enchentes em áreas baixas e deslizamentos de terra, devido à ocupação de morros e aos desmatamentos. “Com o aumento de eventos meteorológicos extremos, esses problemas serão mais frequentes”, disse.

Nobre foi lembrado por uma pessoa da platéia sobre outro problema que se agrega a esse cenário catastrófico: as doenças endêmicas, como a malária – já eliminada em muitos países e que poderia apresentar novas epidemias com o aumento do calor (que poderia interferir no ciclo biológico do parasita no vetor). O pesquisador acrescentou dados de um estudo lançado no final de 2003 pela Organização Mundial de Saúde que mostram que o aquecimento de 0,7°C em média e as conseqüentes mudanças climáticas já respondem por cerca de 4% de todos os casos de diarreia no mundo. E completou: “Em geral, as mudanças climáticas não vão ajudar o combate às epidemias; ao contrário, a tendência é que o aumento da temperatura contribua para tornar epidêmicas áreas que hoje não são afetadas, o que vai prejudicar muito mais os países em desenvolvimento e as populações pobres.”

### **Um problema, duas reações**

Para lidar com essa situação, existem duas tendências mundiais, que não se excluem mutuamente: a adaptação, através do desenvolvimento e da adoção de tecnologias, métodos e equipamentos que permitam conviver com as mudanças; e a mitigação (atenuação de efeitos), uma estratégia global para reduzir bastante a emissão dos gases, diminuir os desmatamentos e mudar o modelo de geração de energia e o uso dos recursos naturais no planeta. No cenário mundial, as posições se dividem: o Brasil, os países europeus e a maioria das nações que assinaram o Protocolo de Kioto em 1997 seguem a linha da mitigação, enquanto outros países, notadamente os Estados Unidos, estão mais alinhados à adaptação.

Questionado por um estudante de biologia da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat) sobre a tendência mais provável para o futuro, Nobre ponderou: “Em termos evolutivos, nossa espécie tem enorme capacidade de adaptação, mesmo sem tecnologia. Mas existe uma preocupação – ainda não comprovada cientificamente – de que podemos estar em uma fronteira de habitabilidade, o que leva muitas pessoas a preferirem a mitigação.” Segundo ele, se o comportamento atual continuar, é possível que cruzemos essa fronteira e a máquina climática do planeta mude a um ponto que

**“Se o comportamento atual continuar, é possível que cruzemos a fronteira da habitabilidade e a máquina climática do planeta mude a um ponto que não haja mais retorno”**

Carlos Nobre  
Instituto Nacional  
de Pesquisas Espaciais

não haja mais retorno. O meteorologista alertou que a atmosfera está recebendo gases que desconhecia há mais de 5 milhões de anos e, em um cenário distante e catastrófico, se as emissões continuarem a crescer e a temperatura eventualmente chegar a 62° C, a água do oceano rapidamente vai evaporar, aumentando, assim, o efeito estufa. Então, a temperatura passaria de 100°C em algumas décadas e toda a água evaporaria, extinguindo a vida na Terra.

Nobre lembrou que todos os países que assinaram a Convenção sobre Mudança do Clima em 1992 – entre eles o Brasil – têm obrigação de contribuir com o esforço para estabilizar os gases do efeito estufa na atmosfera, o que não é muito falado. Segundo ele, o país poderia atuar na redução dos desmatamentos, responsáveis por 200 a 300 milhões de toneladas de carbono por ano. “Com os números altos de desmatamento na Amazônia brasileira nos últimos dois anos, certamente estamos mais próximos de 300 milhões de toneladas por ano”, concluiu. O meteorologista afirmou que a exploração predatória de madeira é hoje o primeiro vetor de desmatamento subsequente na Amazônia, ou seja, as linhas abertas na floresta são usadas para grilagem e, depois, a terra é vendida para colonos e desmatada. “É o que ocorre de forma muito intensa na região de São Félix do Xingu”, contou.

A queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento no país geram de 80 a 90 milhões de toneladas por ano, o que representa menos de 1,5% dos 6,5 bilhões de toneladas emitidos em todo o mundo. Nobre lembrou que o Brasil tem uma matriz energética favorável, já que a maior parte de sua energia elétrica vem da água e uma parte não desprezível da energia química dos combustíveis vem do álcool (uma fonte renovável). Além disso, as emissões são relativamente baixas porque a maior parte da população pobre não tem meios de consumir energia. “O país não poderia reduzir esse valor; e, para melhorar o padrão da população – especialmente os 70% mais pobres – precisaria aumentá-lo”, afirmou. “Por outro lado, não se pode dizer que os desmatamentos estejam diretamente associados à melhoria da qualidade de vida e da renda de trabalhadores rurais brasileiros.”

O pesquisador ressaltou que a queima de combustíveis fósseis gera energia para indústrias, termelétricas, aquecimento e transportes, atividades associadas à qualidade de vida e ao bem-estar da população. Por isso, os países em desenvolvimento não têm compromissos quantitativos na Convenção sobre Mudança do Clima e no Protocolo de Kioto de reduzir suas emissões.

Para engajar os países em desenvolvimento, o Protocolo de Kioto criou o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), que inclui a adoção de tecnologias que contribuam para retirar carbono da atmosfera e a comercialização dessa quantidade para os países desenvolvidos obrigados a reduzir suas emissões. Na prática, esses países comprariam certificados que permitissem a emissão de uma taxa excedente igual à que o país em desenvolvimento deixou de emitir ou retirou da atmosfera.

Os mecanismos de desenvolvimento limpo poderiam ser aplicados no setor de energia (por exemplo, substituir o carvão das usinas termelétricas por gás natural, o que geraria mais energia com a mesma emissão de CO<sub>2</sub>) e de usos da terra (reflorestamento, recuperação de matas ciliares, plantação diversificada e educação ambiental). Nobre ressaltou que, com relação aos usos da terra, o Protocolo de Kioto só permite projetos de reflorestamento e de aflorestamento (plantar florestas onde não existiam antes, como no cerrado ou na caatinga). “Apesar de ser óbvio que o carbono está seguro nas florestas e não causa nenhum dano, a proteção a essas áreas não foi aprovada, principalmente porque não haveria garantia de que o estoque de carbono na forma de biomassa permaneceria assim por muito tempo”, reclamou.

Essas medidas ainda não podem ser aplicadas, porque o Protocolo de Kioto só entrará em vigor quando for assinado por países desenvolvidos – com compromisso de redução – que respondam por 55% das emissões, o que, segundo Nobre, está muito próximo. “Bastaria a Rússia concordar, já que se sabe que os Estados Unidos não vão assinar.” Por isso, ainda não existe um mercado de certificados de redução de emissões. Mas há iniciativas, como uma bolsa de carbono em Chicago, onde a cotação é de US\$3 por tonelada. Nobre disse que esse é um valor baixo, já que o custo de um MDL para a conversão de uma usina a carvão, por exemplo, é de US\$15.

**“Se conseguíssemos reduzir 15% da taxa atual de desmatamento no país – 23 mil km<sup>2</sup> nos dois últimos anos –, o que equivale a cerca de 3 mil km<sup>2</sup>, deixariam de ser liberados de 30 a 40 milhões de toneladas de carbono por ano, quase 50% das emissões da queima de combustíveis fósseis no Brasil”**

Carlos Nobre  
Instituto Nacional  
de Pesquisas Espaciais

Com relação aos projetos de reflorestamento e mudança da matriz energética para reduzir as emissões de carbono, um estudante de economia da Universidade Federal de Viçosa argumentou que eles demandam desenvolvimento tecnológico e investimento em pesquisa e questionou sobre quem seriam os verdadeiros beneficiados, já que o Brasil tem grande potencial para implementar essas medidas, mas teria que importar tecnologia. Nobre reconhece que esse é um ponto controverso e ainda não resolvido no Protocolo de Kioto. Ele lembrou que, na Convenção sobre Mudança do Clima, os países desenvolvidos assumiram o compromisso de transferir a baixíssimo custo – ou sem custo – as tecnologias limpas (para melhor aproveitamento energético e reflorestamento). “Mas, na prática, isso não funciona e ainda está em debate.”

Para o pesquisador, o Brasil não precisa cair nessa cilada, pois não é um país incapacitado de desenvolver tecnologias próprias. “Nossa comunidade científica é muito forte e bem preparada, como vem demonstrando com a exploração de petróleo em águas profundas, os avanços na indústria aeronáutica e a melhoria de variedades agrícolas.” Segundo ele, somente em algumas áreas o Brasil não acompanhou o desenvolvimento e terá que, eventualmente, importar tecnologia; mas em outras, principalmente reflorestamento e uso dos recursos naturais e de combustíveis e energia alternativos, o país não precisará ser dependente de tecnologia, como alguns países muito pobres da África ou da Ásia.

## **O papel do Brasil**

Nobre disse que o Brasil não tem muito a contribuir no setor de energia, porque a produção nacional é limpa – 55% vem de fontes renováveis (água e álcool). Na área de transportes, por enquanto também não haveria muito o que fazer, especialmente em relação ao diesel. Mas o pesquisador destacou o grande potencial de substituição do combustível pelo biodiesel. “É um mercado a ser desenvolvido.”

Com relação aos usos da terra, Nobre contou que existem no país alguns projetos para reflorestamento de grandes áreas – o maior deles no noroeste do Mato Grosso, financiado pela multinacional de automóveis Peugeot. No entanto, a cotação do carbono no mercado não compensaria seus custos. Outro exemplo é um projeto de recuperação de matas ciliares, que têm uma função importante na melhoria de recursos hídricos, ecológicos e ambientais. Segundo o pesquisador, só no estado de São Paulo, há projetos para reflorestar 900 mil hectares, com capacidade de armazenamento acima de 50 milhões de toneladas de carbono em 40 anos.

O meteorologista afirmou que a melhor forma de contribuição do Brasil seria a proteção às florestas. Segundo ele, se conseguíssemos reduzir 15% da taxa atual de desmatamento no país – 23 mil km<sup>2</sup> nos dois últimos anos –, o que equivale a cerca de 3 mil km<sup>2</sup>, deixariam de ser liberados de 30 a 40 milhões de toneladas de carbono por ano, quase 50% das emissões da queima de combustíveis fósseis no Brasil. Para retirar essa quantidade todos os anos, seria preciso implementar projetos de reflorestamento em uma área de 40 a 50 mil km<sup>2</sup>, já que a taxa de crescimento de uma floresta é de 6 a 9 toneladas por ano. “Além disso, a implantação desses projetos pode demorar décadas”, acrescentou. Para que o Brasil consiga essa taxa de redução do desmatamento, Nobre disse que, em uma visão simplista, seria necessária uma combinação muito eficiente de fiscalização durante pelo menos uma década, já que certamente mais de 50% dos desmatamentos e queimadas acontecem ilegalmente.

Segundo um professor da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), fica claro que o Brasil precisa reduzir o desmatamento para contribuir com a diminuição das emissões. Ele citou o caso de Mato Grosso, que tem 90 milhões de hectares, dos quais 30 milhões já foram desmatados e 20 milhões são áreas indígenas e unidades de conservação. Dos 40 milhões restantes, 7 milhões poderiam ser desmatados legalmente. “Em 2003, foi desmatado 1 milhão e 850 mil hectares. Se continuar nesse ritmo, em cinco anos o desmatamento no estado terá que parar.” No entanto, o professor alertou para um dado ainda mais preocupante: 1 milhão e 500 mil hectares dessa área foram desmatados ilegalmente, porque os instrumentos de controle disponíveis não foram utilizados. Em 2002, de 700 mil hectares desmatados, 550 mil foram autorizados. “Há indícios de que a taxa de desmatamento do ano passado se repetirá em 2004, mas só agora a fiscalização está sendo acionada”, denunciou. Segundo ele, para evitar que esses 40 milhões de hectares sejam desmatados, é necessária uma política pública de controle eficiente apoiada pela sociedade.

**“Se houver vontade dos países detentores de florestas tropicais, principalmente Brasil e Indonésia, é possível a criação de um mecanismo adicional, um novo protocolo que trataria especificamente da proteção dessas florestas”**

Carlos Nobre  
Instituto Nacional  
de Pesquisas Espaciais

Para o professor, uma das maneiras de reverter esse quadro é o MDL, que disponibilizaria milhões de dólares através do crédito de carbono para mudar a política de desenvolvimento. Por isso, ele questionou sobre as chances reais de o desmatamento evitado entrar no MDL do Protocolo de Kioto. Nobre disse que isso seria muito difícil e que prefere acreditar que haja outras maneiras, já que o valor do carbono no mercado pode não ser suficiente para deter o desmatamento em uma escala como a da Amazônia. Segundo o meteorologista, se houver vontade dos países detentores de florestas tropicais, principalmente Brasil e Indonésia, é possível a criação de um mecanismo adicional, um novo protocolo que trataria especificamente da proteção dessas florestas. Mas ele ressaltou que a implantação dessa medida seria lenta e que, em um cenário otimista, poderia começar a vigorar depois de 2012, quando vence o primeiro período do Protocolo de Kioto. “Tudo isso será discutido em uma reunião no fim do ano em Buenos Aires.”

Nobre citou ainda uma proposta recente em que os compromissos deveriam ser assumidos por países e não por entes privados (empresas, agricultores ou pecuaristas), para evitar que as regras sejam burladas e garantir a redução dos desmatamentos. Assim, se o governo de um país se compromettesse a reduzir os desmatamentos em cinco anos, por exemplo, e, verificada a diminuição depois desse tempo, o país poderia vender a porção reduzida no mercado de carbono. “Essa não é a única maneira de dar valor à floresta, mas é uma alternativa que poderia ser implementada em uma escala de tempo relativamente curta se houver consenso entre os países que têm florestas tropicais. Mas é difícil saber se vai se tornar realidade.”

Um estudante de engenharia florestal da Universidade de Brasília questionou sobre a possibilidade de o país desenvolver outro mecanismo de proteção às florestas para não ficar dependente do Protocolo de Kioto. Nobre reforçou que o principal serviço ambiental da floresta não é estocar carbono, mas o de se tornar especialmente importante nesse momento de preocupação com a estabilização do clima e dos gases do efeito estufa na atmosfera. Por isso, segundo ele, não deve haver uma supervalorização do mecanismo de desenvolvimento limpo. “Essa é apenas mais uma atividade de proteção aos recursos naturais, recomposição da biodiversidade e melhoria da qualidade ambiental geral do país.”

O meteorologista ressaltou que é preciso aumentar o valor econômico da floresta intacta para tentar diminuir o processo de desmatamento acelerado. “Mas a valorização dos produtos florestais é mais lenta do que os desmatamentos, pois necessita da mudança

de paradigmas econômicos muito arraigados, como a conscientização dos mercados consumidores para exigir produtos com certificação de que não foram obtidos de modo predatório.” Segundo ele, o estado de São Paulo consome 80% da madeira da Amazônia. A solução seria editar uma lei estadual que proibisse a comercialização de madeira sem certificado dos órgãos de fiscalização, o que não é feito porque o produto é comprado a preços baixos. Para Nobre, o controle rígido do governo é fundamental para deter o desmatamento até que o comportamento cultural do brasileiro mude. Uma das alternativas seria conseguir que todas as propriedades rurais tivessem licença ambiental, já que os dados indicam que quem está cadastrado no sistema desmata menos.

### **Moratória para desmatamentos**

O editor do *Jornal da Ciência*, da SBPC, José Monserrat Filho, apresentou a Nobre a proposta feita pelo presidente da SBPC, Ennio Candotti, na abertura da 56ª Reunião Anual, de unir governo, empresários e comunidade científica para suspender o desmatamento o máximo possível, usando tecnologias que permitam o desenvolvimento econômico sem derrubar árvores. Monserrat explicou que a idéia da moratória não seria a suspensão imediata do desmatamento, e sim fazer um acordo para diminuir seu ritmo até chegar à suspensão total, ressaltando que haveria uma contrapartida: “A comunidade científica se comprometeria a repassar aos empresários recursos tecnológicos para evitar uma grande perda econômica e permitir o aumento dos lucros sem desmatar mais.”

Nobre reagiu bem à proposta, porque acredita que é preciso implementar um plano ação, e ponderou: “Não sei se é viável, mas é necessária.” Ele lembrou do período em que o então ministro do Meio Ambiente José Sarney Filho decretou a moratória para queimadas durante determinada época do ano porque a situação era insustentável no sul da Amazônia. “A poluição medida pela concentração de ozônio em Cuiabá era mais alta do que no centro de São Paulo no pior inverno”, contou. Segundo Nobre, o fato de o Brasil se tornar vulnerável diplomaticamente devido à percepção de que não cuida bem de seu ambiente – principalmente da floresta amazônica –, faz com que todos os governos tracem planos de controle do desmatamento, que, apesar das boas intenções, têm pouca efetividade. “Hoje existem ferramentas tecnológicas de acompanhamento de desmatamentos, mas elas apenas apresentam o diagnóstico, não tratam o problema”, lamentou.

O meteorologista acrescentou que, de acordo com diversas pesquisas, o fogo não é uma técnica adequada à agricultura, porque, além de não gerar benefício para o cultivo, provoca grandes danos ao ambiente. Segundo ele, a Embrapa tem tecnologias de agricultura rentável – inclusive com aumento da produção – que não usam fogo. O fogo, além de matar as ervas daninhas, acaba com a microfauna do solo. Quando ele não é usado, o resíduo da agricultura é misturado ao solo e, em dois ou três anos, uma nova microfauna se desenvolve. Nesses primeiros anos, a produtividade cai; mas, a partir do quarto ano, aumenta 20% em relação aos métodos com fogo. “O problema é que o pequeno agricultor não pode reduzir sua produtividade durante três anos”, argumentou

**“Uma das alternativas ao desmatamento seria conseguir que todas as propriedades rurais tivessem licença ambiental, já que os dados indicam que quem está cadastrado no sistema desmata menos”**

Carlos Nobre  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Nobre. “Portanto, essas questões têm que ser discutidas com o setor tecnológico, com o governo (que pode dar subsídios para vencer essa transição) e principalmente com o grande empresariado, responsável por mais de 50% dos desmatamentos na Amazônia.”

Nobre também destacou a importância da tecnologia na pecuária, ressaltando que a atividade não precisa ser extensiva para ter alta rentabilidade. Ele alertou para dados que indicam que o fogo continuado para limpeza de pastagens contribui para a perda de fertilidade do solo, porque consome fósforo e nitrogênio. “Depois de vários ciclos de fogo, a gramínea não cresce mais e o solo é abandonado pelo pecuarista.” O pesquisador lembrou ainda que a Embrapa tem tecnologias de recuperação de áreas e acrescentou que o Brasil não precisa derrubar uma árvore sequer da Amazônia para aumentar sua produção agrícola.

Segundo dados do Inpe de 2003, há 615 mil km<sup>2</sup> de área desmatada na Amazônia, sendo 200 mil abandonados ou semi-abandonados. Apesar do desenvolvimento tecnológico, Nobre lamenta: “Os avanços não foram incorporados às políticas públicas.”

Indagado sobre o papel do Inpe nesse cenário, Nobre destacou a importância da instituição para o desenvolvimento de tecnologias como a que permitiu o uso de satélites para monitorar a vegetação. “Hoje, por exemplo, o Inpe desenvolve um mapa de desmatamento a cada duas semanas – instrumento ainda muito pouco utilizado no Brasil –, que, apesar de não ter o grau de precisão do mapa anual, serve para de-

tectar o desmatamento à medida que ocorre.” Segundo ele, apesar de essa tecnologia estar sendo bem usada, ela apenas faz o diagnóstico; faltam planos de ação. O pesquisador ressaltou ainda que o Inpe é uma instituição neutra, que tem participado de todos os grupos de trabalho de combate ao desmatamento como órgão técnico consultivo.

Para o meteorologista, seria fundamental que a proposta de Candotti conseguisse conscientizar e envolver os empresários. Um caminho para reduzir os desmatamentos seria promover uma cidadania rural amazônica, para que o setor privado assumisse compromissos de desenvolvimento sustentável, sendo que o primeiro deles seria seguir a lei. “Os produtores só aceitariam adotar um método mais sustentável se a lei fosse cumprida por todos, para não haver vantagens competitivas.”

Questionado sobre a conscientização do produtor rural em relação à gravidade do problema, Nobre citou um estudo antropológico, feito por um doutorando brasileiro na Universidade da Califórnia, que, entre outras questões, avaliou o que agricultores de subsistência da Amazônia fariam se recebessem uma alta quantia em dinheiro para investir em uma atividade econômica. “98,5% responderam que querem ser pecuaristas, talvez por uma questão de *status* e não de lógica econômica, já que o ganho líquido na pecuária é menor do que no comércio das cidades, por exemplo.”

Com relação à preocupação – manifestada por um biólogo da platéia – de que o povo não se une em defesa do bem comum e de que deve haver maior seriedade da comunidade científica no tratamento dado ao desmatamento e às queimadas, Nobre argumentou que a conscientização universal está associada à melhoria da qualidade de vida e à questão da necessidade de uma educação completa, incluindo a ambiental. “Mas isso está muito distante da realidade do nosso país, já que grande parte dessas questões não chegam à preocupação diária da população, que precisa tentar sobreviver – o que já vem fazendo muito mal – no dia-a-dia”, lamentou.

O pesquisador ressaltou que a solução para o problema das emissões seria uma ação de todo o planeta, em que os países em desenvolvimento têm uma responsabilidade menor em relação aos países desenvolvidos (especialmente, Estados Unidos, Japão e as nações da Europa), mas não estão isentos. E alerta: “Essa pode não ser uma questão para o futuro. Talvez nós já tenhamos interferido muito na atmosfera e no sistema climático do nosso planeta e agora estejamos caminhando em uma trajetória de mudanças mais rápidas.”

**E C O L O G I A**

Investir em pesquisas sobre a região é o melhor caminho para seu desenvolvimento

## **Amazônia: conhecimento, preservação e progresso**

A Amazônia é uma região marcada pela diversidade de ambientes e de espécies animais e vegetais, o que desperta o interesse de pesquisadores em todo o mundo. Estudar a interação desses organismos com seus habitats e suas adaptações ao longo do processo evolutivo pode ser a chave para o desenvolvimento de novas técnicas que permitam a melhora da qualidade de vida do homem. Para garantir benefícios para o país, o Brasil deve investir na atividade de produção de conhecimento sobre a Amazônia e capacitar e fixar recursos humanos na região. Na conferência 'Ciência e tecnologia na Amazônia: aspectos culturais, econômicos e políticos', o biólogo Adalberto Luís Val, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), falou sobre essas questões, além da importância da região amazônica e do acesso à sua biodiversidade, as desigualdades regionais no investimento em ciência e tecnologia no Brasil e as políticas mais adequadas para reverter esse quadro e impulsionar a produção científica na Amazônia.

A região amazônica se formou na época da Pangéia dentro de um conjunto de continentes (com a África na parte central) e, ao longo do tempo, adquiriu sua fisionomia moderna. A Amazônia brasileira, basicamente o pedaço de terra cercado pelos estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, equivale a aproximadamente 60% do território nacional.

Dentro dessa área é possível agrupar 25 países do mundo, alguns dos quais com atividade muito marcante de ciência e tecnologia na Amazônia – não só a brasileira, mas também a venezuelana, boliviana e colombiana –, entre eles França, Espanha, Alemanha, Finlândia e Dinamarca.

Val contou que a Finlândia, por exemplo, um país que passa quase oito meses do ano debaixo de gelo, tem um processo muito significativo de investimento na Amazônia atualmente, apesar das diferenças ambientais e climáticas das duas regiões. Isso levanta uma questão: que interesse esses pesquisadores ou essa sociedade teriam em uma área distante como a Amazônia?

Segundo o pesquisador, para responder a essa pergunta, é preciso voltar um pouco e ver o que aconteceu recentemente em algumas áreas do conhecimento, como a biologia molecular. O mundo inteiro investiu de forma significativa na compra de equipamentos e treinamento de pessoal na área de seqüenciamento de genomas. Agora é preciso saber o que significam essas seqüências, o que codificam e quais as conseqüências de eventuais mudanças para a biologia e para o homem. Para entender essas seqüências é preciso estudar os organismos em seus ambientes naturais, com suas delicadas interações. “E não existe nenhum outro lugar no planeta onde a interação dos organismos com seus ambientes se dê de forma mais expressiva do que nas regiões tropicais, especialmente a Amazônia brasileira”, concluiu.

**“A proteção da biodiversidade depende de esforços da nação para conhecê-la em todas as suas dimensões e, depois, usá-la cuidadosamente. Sem estudo não sabemos nem por que devemos preservá-la”**

Adalberto Luís Val  
Instituto Nacional de  
Pesquisas da Amazônia

Nessas áreas, há uma grande diversidade de organismos que permitiu, ao longo do processo evolutivo, que várias informações novas na sua interação com os ambientes fossem testadas. “Portanto, é importante preservar esses ambientes, mas não tanto quanto entender essas interações, já que, a partir delas, poderemos desenvolver novos processos que melhorem a qualidade de vida do homem, principalmente nessas regiões.” O biólogo acrescentou que a falta de informações básicas sobre essas interações dificulta a transferência de tecnologias elaboradas por países mais desenvolvidos a partir do conhecimento relativo às regiões temperadas do planeta para as áreas localizadas nos cinturões tropicais.

Para o pesquisador, a proteção da biodiversidade depende de esforços da nação para conhecê-la em todas as suas dimensões e, depois, usá-la cuidadosamente. “Sem estudo não sabemos nem por que devemos preservar a biodiversidade.” Segundo ele, a ciência é a única forma de conhecer toda essa dimensão, que envolve questões econômicas, estéticas, ambientais e éticas. “Além disso, não adianta preservar a biodiversidade se ela não tiver uma função social.”

O conhecimento sobre a Amazônia não deve ser restrito ao espaço terrestre, já que a reserva de água da região, responsável por 20% de toda a água doce jogada nos oceanos, também é uma característica muito importante não apenas para esse ecossistema mas para o mundo. A dimensão do rio Amazonas – mesmo em suas partes mais estreitas – fez com que, ao longo do processo evolutivo, as espécies vivessem uma competição por espaço em um nível extremamente baixo.

**“É preciso dominar todo o processo de produção controlada dos animais da Amazônia para amenizar o impacto de sua extração no ambiente natural”**

Adalberto Luís Val  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

A diversidade da região não se manifesta apenas por seu tamanho, mas por suas características, como o encontro das águas barrentas do rio Solimões (com pH quase neutro e muito carregadas em sedimentos) com as águas negras do rio Negro (com poucos sedimentos, alta quantidade de matéria orgânica e pH altíssimo, de aproximadamente 4). Além disso, a Amazônia varia ao longo do ano, devido aos períodos de cheia e vazante dos rios, que não são iguais em toda a região, fazendo com que diferentes grupos de animais se sucedam na ocupação das áreas. O sistema comporta ainda uma grande diversidade de ambientes,

como cachoeiras, várzeas e lagos de várzea e igapós (áreas de mata inundadas durante a época das chuvas).

### **Ambientes diversos, ajustes contínuos**

A heterogeneidade ambiental, característica bem marcante na Amazônia, demanda dos organismos que vivem na região ajustes contínuos em todos os níveis da organização biológica – comportamentais, fisiológicos, bioquímicos, morfológicos etc. –, para que possam se adaptar às novas condições e sobreviver. Val lembrou que a raia do rio Negro, peixe de origem marinha que invadiu a Amazônia no começo de

sua formação e hoje é muito comum naquele rio, ao longo do processo evolutivo perdeu algumas informações e conservou outras da época em que vivia no mar. “É exatamente a forma com que esses ajustes são feitos que tem interesse social e econômico”, disse.

O biólogo contou que nas águas do rio Negro vivem cerca de 1.200 diferentes espécies de peixes, apesar de o ambiente ser pobre em cálcio, sódio e potássio. A maneira encontrada por esses organismos para absorver cálcio interessa, por exemplo, para solucionar problemas de desnutrição relativa a esse elemento. “Essa informação também poderia minimizar um problema da Agência Espacial Norte-americana (Nasa), já que os homens sofrem uma grande perda de cálcio em muito pouco tempo quando sobem em uma espaçonave”, completou.

Outro exemplo dado pelo pesquisador é o do pirarucu, um dos maiores peixes de escamas do mundo, que cresce cerca de 2 m e pesa até 300 kg. Val explicou que há uma mudança no sangue do animal em seu primeiro ano de vida, pois ele passa da respiração aquática obrigatória para a respiração aérea obrigatória. Nesse processo, o peixe precisa ajustar diversos aspectos relacionados à sua capacidade de transporte de oxigênio do meio ambiente para o corpo, ou seja, a forma como faz a oxigenação de seus tecidos. Então, à medida que o animal cresce, os compostos que modulam a afinidade da hemoglobina com o oxigênio durante a fase em que é respirador aquático desaparecem e, no lugar, aparece outro composto, chamado inositol penta-fosfato. Segundo o biólogo, 100 mg desse composto no mercado internacional custam cerca de US\$ 280. “Como o sangue do pirarucu equivale a aproximadamente 5% de seu peso e a concentração do inositol penta-fosfato é alta, o animal vale 10 vezes mais pela quantidade da substância no seu sangue do que pelo peso de sua carne”, afirmou. Esse é um aspecto que interessa a muitas empresas internacionais, o que faz com que haja uma pressão sobre organismos desse tipo na Amazônia.

Val ressaltou que na região amazônica há peixes representantes das ordens mais primitivas (como os pulmonados) até as mais especializadas e, para demonstrar essa diversidade, citou dados de 1997 – embora não tenham validade em termos absolutos – relacionados a três grupos: caracíformes (peixes de escamas), siluriformes (peixes que não têm escamas e vivem, em sua maioria, em água doce) e gimnotiformes (os chamados peixes-elétricos). Das 1.335 espécies de caracíformes existentes no mundo, 1.200 eram endêmicas da Amazônia. No grupo dos siluriformes, eram conhecidas 2.200 espécies, sendo que mil só existiam na região. Com relação aos gimnotiformes, só se conheciam 54 espécies, todas da Amazônia. O biólogo disse

que esses animais têm uma aplicação muito importante como indicadores ambientais e, por isso, são objeto de vários estudos.

Val falou da importância dos peixes de fundo, muito resistentes à baixa disponibilidade de oxigênio, como o carimbodó, uma nova espécie de siluriforme. “Um alevino desse animal custa cerca de US\$50 no exterior”, ressaltou. A adaptação desse organismo à falta de oxigênio no ambiente interessaria ao piscicultor para melhorar seu processo de produção. Ele citou também o exemplo das pirararas da Amazônia, que estão sendo criadas no entorno de grandes cidades, como São Paulo, para recuperar ambientes degradados.

Outro campo de pesquisas relaciona-se aos peixes ornamentais, que constituem grande fonte de receita na Amazônia. “É preciso dominar todo o processo de produção controlada desses animais para amenizar o impacto de sua extração no ambiente natural”, afirmou Val. Os estudos devem incluir desde os processos de adaptação dos organismos a diferentes temperaturas – uma vez que os animais são exportados para países de clima temperado –, até modificações da qualidade da água, incidência de radiação ultravioleta e reprodução.

Na Amazônia há ainda grande diversidade de plantas (como a vitória-régia e as macrófitas aquáticas) com características fisiológicas muito peculiares, capazes de concentrar os metais que não estão disponíveis no ambiente aquático – ou existem em concentração muito baixa. “O conhecimento desse mecanismo também pode auxiliar o desenvolvimento tecnológico na região”, completou Val.

Além desse trabalho de conhecer a biodiversidade, a Amazônia hoje demanda um amplo conjunto de ações para entender como ocorrem as ações antrópicas na região, particularmente as relacionadas ao desenvolvimento. O pesquisador lembrou que hoje uma das mais modernas plantas para produção de petróleo do mundo está localizada na região de Urucu, no seio da Amazônia. No entanto, não se têm experiência no mundo com vazamentos em água doce. De todos os acidentes com petróleo, 95% ocorreram em ambientes marinhos, 4,9% em ambientes terrestres e 0,1% em águas de transição (entre o ambiente marinho e o doce).

Val ressaltou que essa não deve ser uma preocupação apenas do Brasil, pois a Venezuela, a Colômbia e o Equador também produzem petróleo. Qualquer acidente que aconteça pode atingir toda a região, já que a Amazônia é um vale e o material derramado é arrastado pela chuva para dentro dos corpos d'água. Segundo ele, há indícios de que alguns metais pesados antes inexistentes na Amazônia começam a ser

encontrados em suas águas vindos da exploração de petróleo em países vizinhos. “Isso é uma questão de direito internacional que precisa ser discutida. Enquanto o Brasil tem um cuidado enorme para extrair o petróleo e levá-lo à refinaria de Manaus – é claro que existe o risco de um acidente, já que trata-se de uma atividade humana –, do outro lado, não existe essa preocupação.”

## Antigo interesse

A Amazônia sempre despertou o interesse internacional e as expedições científicas persistem até hoje de forma sistemática. Val alertou para os resultados de um trabalho de 2004, publicado recentemente na revista *Ciência e Cultura*, da SBPC, que mostra a evolução das expedições científicas estrangeiras por região do Brasil: a grande maioria acontece no Norte, algumas planejadas para ir a essa região e outras levadas para lá posteriormente.

Com relação aos diferentes ajustes que estão acontecendo nas leis que regulam as expedições científicas no Brasil, o pesquisador ressaltou: “Não adianta proibir ou limitar o acesso à biodiversidade por meio de leis.” Ele argumentou que existem, por exemplo, andorinhas que voam do Canadá para a região do Mato Grosso, passando pela Amazônia e retornando depois, e peixes que cruzam as fronteiras do país ao migrar para as cabeceiras dos rios. Nesse percurso, os animais se alimentam e carregam sementes que contêm um conjunto de informações moleculares extremamente importante. “Portanto, proibir o acesso à biodiversidade pela coleta do homem *in loco* é uma decisão que tem efeito extremamente limitado.”

Val lembrou ainda que a biopirataria no Brasil é uma velha atividade: logo após o descobrimento do país, em 1500, as primeiras plantas (como o pau-brasil) e animais começaram a ser enviados para outros países, especialmente Portugal. “Hoje, nós vendemos e trocamos elementos da biodiversidade”, afirmou, já que não seria possível, por exemplo, impedir os caboclos da Amazônia de fazer objetos de madeira para vender aos turistas, parar de exportar polpa de fruta ou proibir os navios de carregar água de lastro nos portos brasileiros. “Portanto, a única forma de proteger a biodiversidade é a informação e o conhecimento”, disse.

Segundo o biólogo, muito tem sido feito para aumentar o conhecimento nacional sobre a Amazônia, como a construção do Inpa. Estudos sobre a região – não só a porção brasileira – tem sido feitos em cooperação com vários países, como Argentina, Chile, Cuba, Itália, China, Rússia, Finlândia, Espanha, França, Estados Unidos,

Alemanha, Japão e Canadá. Mas nem toda cooperação científica na Amazônia está adequadamente mapeada, de forma que a sociedade brasileira tenha conhecimento pleno sobre essas atividades na região.

Val reconheceu a importância de estabelecer cooperações científicas, mas alertou que é preciso entrar nesse processo com igual capacidade de competição. “Cooperação científica sem dinheiro vira colonização”, disse. Se o Brasil não investir, as pesquisas serão conduzidas de forma a responder à pergunta de seu parceiro e não à pergunta que interessa ao país. Ele exemplifica: “A malária interessa aos Estados Unidos não pela doença em si, mas pelo que se enfrenta fora do país. Portanto, estudar malária é

um problema que nos interessa do ponto de vista social, mas quando entramos em uma cooperação, é preciso entender os reais interesses da outra parte.”

**“Cooperação científica sem dinheiro vira colonização. Se o Brasil não investir, as pesquisas serão conduzidas de forma a responder à pergunta de seu parceiro e não a pergunta que interessa ao país”**

Adalberto Luís Val  
Instituto Nacional de  
Pesquisas da Amazônia

Sobre o investimento do Brasil em ciência e tecnologia, o pesquisador disse que tem havido uma oscilação sem precedentes: de 1980 a 2002, houve investimentos altos, que ocorreram de forma casual, e baixos, como os que aconteceram nas duas gestões de Fernando Henrique Cardoso. Segundo Val, o investimento nas instituições federais despencou de 0,79% do PIB (Produto Interno Bruto) em 1995 para 0,61% em 1999 e continuou caindo até o final do último governo. Com a diminuição do PIB ao longo do tempo, a situação se agravou ainda mais. “Isso teve um efeito brutal particularmente nas regiões menos desenvolvidas do país.”

De acordo com o cientista, a análise das concessões de recursos no Brasil mostra que 57,4% dos recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) foram destinados a uma única região do país (o Sudeste), enquanto o Norte ficou com apenas 2,2%. Quando se analisa o investimento *per capita*, a situação fica ainda mais dramática. Segundo dados da resenha estatística do CNPq, de 1995 a 2000, o investimento *per capita* em ciência e tecnologia foi de cerca de R\$ 4,50 no Sudeste, decresceu nas demais regiões e chegou na Amazônia com aproximadamente R\$ 0,80.

Essa diminuição na aplicação de recursos levou à redução no número de bolsas no país. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e o

CNPq, por exemplo, diminuíram as bolsas de mestrado e tentaram manter as de doutorado – que mesmo assim tiveram uma redução.

O pesquisador ressaltou a importância das Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs), que, em muitos casos, conseguiram anular esse efeito provocado em nível federal, e citou o exemplo da Fapesp, que conseguiu suprir o decréscimo de bolsas no estado de São Paulo. “É claro que isso teve implicações sérias, que estão sendo corrigidas. Mas conseguiu-se manter o sistema funcionando”, argumentou. Por isso, ele defendeu que todos os estados brasileiros procurem incrementar as suas FAPs, embora elas não devam ser vistas como substitutas do investimento federal em ciência e tecnologia, porque existem prioridades nacionais e locais, que têm que ser reconhecidas tanto no âmbito do governo federal quanto no dos governos estaduais.

Segundo Val, dados mais recentes (2002-2003) mostram uma tendência à recuperação dos investimentos do governo federal. No entanto, ele demonstrou preocupação em relação aos Fundos Setoriais, que pouco contribuíram para romper com a diferença entre as regiões do país, um de seus principais objetivos. “Os Fundos Setoriais foram desenhados em princípio para levar um investimento mais significativo para as regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, mas na realidade não tiveram ao longo do tempo o *status quo* de investimento em C&T.” A análise do que foi executado pelo CNPq entre 1995 e 2000 mostra que cerca de 28% foram para as regiões Centro-oeste, Nordeste e Norte e aproximadamente 72% para as regiões Sudeste e Sul.

O biólogo destacou que o investimento em C&T resulta em desenvolvimento. “Se tivermos como indicador de desenvolvimento a quantidade de publicações científicas e compararmos esse número com o investimento em C&T, há uma relação perfeita entre esses dois parâmetros, o que não é novidade.” A resenha estatística do CNPq mostra que o apoio à pesquisa leva à formação de recursos humanos. Portanto,

**“Todos os estados brasileiros devem procurar incrementar as suas FAPs, embora elas não devam ser vistas como substitutas do investimento federal em ciência e tecnologia, porque existem prioridades nacionais e locais, que têm que ser reconhecidas tanto no âmbito do governo federal quanto no dos governos estaduais”**

Adalberto Luís Val  
Instituto Nacional de  
Pesquisas da Amazônia

com uma quantidade de investimento suficiente, haverá um número de doutores maior nas diferentes regiões do país. “E o percentual do PIB está diretamente relacionado com o número de doutores em cada uma das regiões. Há uma relação quase perfeita entre as riquezas da região e seu percentual de doutores”, concluiu.

Val alertou que, nos primeiros quatro meses de 2004, foram produzidos cerca de 430 artigos científicos sobre a Amazônia brasileira. Desses, apenas 41 tinham como autores brasileiros ou estrangeiros residentes na Amazônia, ou seja, menos de 10%, e apenas 111 eram de autores residentes no Brasil. Portanto, a grande maioria da infor-

mação gerada sobre a Amazônia brasileira não pertence ao país. “E pior: além de perder o domínio da produção de conhecimento sobre a Amazônia, não há hoje no Brasil pessoal capacitado para traduzir essa informação científica de forma adequada e torná-la disponível para a sociedade brasileira”, lamentou.

“Além de perder o domínio da produção de conhecimento sobre a Amazônia, não há hoje no Brasil pessoal capacitado para traduzir essa informação científica de forma adequada e torná-la disponível para a sociedade brasileira”

Adalberto Luís Val  
Instituto Nacional de  
Pesquisas da Amazônia

### **Investimento desproporcional**

O pesquisador mostrou grande preocupação com o desequilíbrio do investimento em C&T em relação ao PIB e à população de cada região. “Na região Norte, há uma desproporção extremamente significativa.” Se o investimento adequado para a Amazônia fosse corrigido em função do PIB, seria preciso aumentar a taxa atual em 89%. Se fosse corrigido pela população, considerando que o brasileiro que vive na Amazônia precisa ter investimento em C&T igual ao de qualquer outro brasileiro do país, seria preciso multiplicar a taxa atual por quatro.

Outro aspecto preocupante para Val é a necessidade de ampliar o parque de pós-graduação no país, o que deve ser acompanhado de uma política de fixação de recursos humanos. Segundo ele, hoje estão matriculados no sistema de pós-graduação do país cerca de 72 mil mestres e 40 mil doutores, que estarão no mercado nos próximos anos. O Brasil forma cerca de 8 mil doutores por ano. Mesmo assim, na região Sudeste, que concentra o maior parque de capacitação de recursos humanos do país,

sobram cerca de 2.800 doutores por ano, subempregados ou desempregados. Todas as demais regiões do país contratam mais doutores do que estão sendo formados em suas instituições. Na Amazônia brasileira, há hoje mil doutores contratados. “É preciso desenvolver uma política imediata para fixar esse pessoal.”

No entanto, Val ressaltou que conceder bolsa não é instrumento de fixação de recursos humanos e sim de formação. É difícil as pessoas irem para a Amazônia sem uma perspectiva de se fixar na região por um tempo maior. Por isso, seria preciso uma política clara de contratação de pessoal, de infra-estrutura e de colocar à disposição do contratado as condições básicas para ele entrar no mercado de trabalho de forma competitiva, disponibilizando bons laboratórios e a forma adequada de interagir com os pares e de contribuir com o desenvolvimento não só regional mas também nacional. “Se não houver esse esforço, estaremos jogando fora todo o investimento.” O biólogo lembrou que o Canadá fez isso de maneira brilhante e hoje, está conseguindo levar o desenvolvimento para a região Norte do país, um desafio tão grande para eles como é a Amazônia para nós. “Precisamos na verdade nos apropriar de algum desses modelos e tentar usá-lo aqui.”

O pesquisador considera importante a proposta do presidente da SBPC, Ennio Candotti, de que o governo libere algumas parcelas dos Fundos Setoriais para o aproveitamento de doutores na Amazônia. Mas ressaltou que levar 5 mil doutores para a Amazônia sem uma perspectiva de fixação em longo prazo, ou seja, sem contratação definitiva pela instituição, pode não ter efetividade, pois as pessoas acabam voltando, às vezes até antes de terminar a bolsa. “A nossa experiência ao longo do tempo é que a fixação mais efetiva até agora ocorreu a partir do contingente humano disponível na própria região; ou seja, o mais adequado seria dar qualidade aos alunos que estejam concluindo as universidades instaladas na região – para que eles possam ser competitivos nos diferentes programas de pós-graduação –, titular e absorver esse pessoal de forma definitiva dentro das instituições.”

Questionado se a melhor medida seria investir na pós-graduação local, Val respondeu que não adiantaria, já que ela praticamente não existe. Ele citou o número bastante reduzido de cursos de mestrado no Norte do país, que poderia ser ampliado com a fixação de pessoal na região. E sugeriu a associação de grandes instituições do país – já envolvidas – com essas instituições regionais para consolidar, por exemplo, em cinco ou 10 anos, um grupo de pesquisa que possa assumir depois todo o processo de capacitação de recursos humanos em uma determinada área do conhecimento.

Sobre a capacidade da região para receber esse contingente, o pesquisador afirmou que as diferentes instituições da Amazônia teriam infra-estrutura para absorver 5 mil doutores. “A Universidade Federal do Amapá – uma instituição importante do país – não tem sequer um doutor para cada um dos cursos que oferece”, exemplificou ele. E acrescentou: “Sua importância é enorme para o estado do Amapá, porque é o único referencial do ponto de vista científico, tecnológico e educacional.”

Para o biólogo, um aspecto importante é saber onde investir. Ele mostrou que, das cinco instituições brasileiras que receberam mais recursos para ciência e tecnologia, quatro estão com a produção científica abaixo da média do país. “Isso também acontece nos Estados Unidos e significa que em alguns casos não adianta mais investir no sistema já instalado, porque ele já está no limite de sua capacidade de produção.” Seria preciso, então, ampliar a base de produção do conhecimento para que haja uma resposta mais efetiva. “Portanto, é importante fixar pessoal, consolidar grupos já existentes e criar novos, otimizar a capacidade instalada e flexibilizar os modelos para que se possa avançar.”

Val acredita na recuperação do processo de investimento no país, se houver a retomada dos Fundos Setoriais e do descontingenciamento. E acrescentou: “Se quisermos romper com as diferenças, será preciso encontrar recursos novos para investimento nas regiões menos desenvolvidas do país.” Mas ele ressaltou que o Brasil deve fazer uma desconcentração com qualidade, pois não adianta investir se não houver demanda. Para construir essa demanda, seria preciso primeiro diminuir a vulnerabilidade de muitos desses locais em relação à cooperação internacional e estimular a cooperação nacional duradoura.

O pesquisador disse ainda que é preciso ter cuidado com mecanismos de apoio, pois existe uma confusão entre tecnologia e necessidade da produção de informação. “Tecnologia é importante, mas antes dela precisamos de conhecimento básico”, afirmou, lembrando que recentemente um pedido de auxílio para um projeto de descrição de uma espécie de peixe nova foi negado por uma agência federal sob o argumento de que não se faria biologia molecular.

### **Irresponsabilidade ética**

As deficiências em relação à Amazônia podem ser resultado da negligência de nossa responsabilidade ética. Essa postura também é evidenciada em outras áreas, como a questão do desmatamento na região. Segundo Val, vários estudos recentes

– publicados há cerca de duas semanas – mostram claramente que existe uma relação direta entre o processo de chuvas no país e o desmatamento na Amazônia; por isso, não adianta reclamar de enchentes em algumas regiões do país. Além disso, sabe-se hoje, por exemplo, que o tamanho da chuva que cai na Amazônia depende do processo de queima na região. “Mas grande parte dessa informação não está sendo gerada no país”, lamentou.

Com relação à proposta de Ennio Candotti de reunir empresários, produtores, cientistas e governo para tentar conseguir a moratória da derrubada de árvores, Val ponderou: “Ao lado do meio ambiente e da biodiversidade, que são patrimônios públicos, há uma sociedade que demanda uma qualidade de vida melhor. A ciência é o único caminho possível para resolver esse tipo de conflito.” Segundo ele, não se trata de ter uma fé cega na ciência ou de tratá-la como uma utopia. Seria possível produzir soja, por exemplo, no Brasil com proteção ao meio ambiente para melhorar a qualidade de vida da população. O biólogo lembrou de enormes áreas já desmatadas no país, utilizadas de forma secundária, que poderiam ser aproveitadas no processo de produção para evitar o desmatamento de novas áreas. “Para um homem público atender à demanda da sociedade, que tem fome e precisa de educação, saneamento básico e auxílio médico, é necessária a ajuda da ciência nesse processo.”

A ciência também pode contribuir em questões de estratégia e planejamento. Ainda com relação à soja, Val contou que o governo brasileiro construiu um porto em Itacoatiara, no rio Amazonas, para escoar a produção. A idéia era que a soja seguisse pelo rio Madeira até o porto. No entanto, o transporte do grão pode acabar ocorrendo por terra, já que a distância seria muito menor. O pesquisador destacou ainda questões importantes do ponto de vista econômico que precisam ser tratadas, como a mineração e a construção de hidrelétricas e barragens na Amazônia. Ele alertou que é preciso lhes dar uma razão social, caso contrário, não contribuirão para o desenvolvimento da qualidade de vida na região. A dimensão dessa responsabilidade social

**“Ao lado do meio ambiente e da biodiversidade, que são patrimônios públicos, há uma sociedade que demanda uma qualidade de vida melhor. A ciência é o único caminho possível para resolver esse tipo de conflito”**

Adalberto Luís Val  
Instituto Nacional de  
Pesquisas da Amazônia

fica evidente quando se observa que dos 17 milhões de brasileiros que vivem na Amazônia, metade ainda não tem acesso à energia elétrica.

Para consolidar esse apoio, o segmento científico deve se envolver na discussão dessas questões. “Isso já está acontecendo, mas a ciência precisa se envolver cada vez mais”, afirmou. Para Val, a SBPC tem um papel extremamente importante nesse processo: participar do debate desses grandes temas como sempre fez ao longo de sua existência. “Em alguns momentos é necessário instigar a discussão; e esta reunião está cumprindo essa função.” Ele destacou a necessidade da participação da população da Amazônia nos processos decisórios sobre seu destino, pois é preciso considerar a diversidade cultural do país e as diferentes demandas das regiões. “Isso também se aplica ao debate sobre a reforma universitária”, disparou.

O pesquisador afirmou a importância de ter um país realmente integrado em suas múltiplas facetas e ressaltou que isso demanda atenção especial. Para ele, não haverá desenvolvimento nacional verdadeiro e duradouro enquanto persistirem as desigualdades sociais e econômicas entre as regiões. “É preciso que os brasileiros de diferentes regiões tenham a mesma importância para o país.”

## Genes contra a extinção

O Brasil possui um dos maiores índices de biodiversidade do mundo. Entretanto, essa característica não impede que o país venha enfrentando sérios problemas de conservação, como o desmatamento de áreas florestais e a retirada ilegal de animais da natureza. Embora costume se atribuir exclusivamente à ecologia (ciência que estuda as relações dos seres vivos com o meio ambiente) o combate a esse problema, outro campo de pesquisa, a genética, também vem tendo uma participação crescente nesse sentido, tanto no Brasil quanto no mundo.

Usando técnicas moleculares para descobrir informações sobre as espécies, os geneticistas podem dar subsídios para o direcionamento de políticas e trabalhos conservacionistas. Esse foi o tema do simpósio 'O papel do acesso ao patrimônio genético na conservação da biodiversidade neotropical', no qual a bióloga Cristina Yumi Miyaki, do Laboratório de Genética e Evolução Molecular de Aves da Universidade de São Paulo (USP), e a química Sílvia Nassif Del Lama, do Departamento de Genética e Evolução da Universidade Federal de São Carlos (Ufscar), falaram da importância desses estudos e dos trabalhos que realizaram com aves.

Miyaki discutiu alguns aspectos de genética e evolução no grupo de aves conhecido popularmente como psitacídeos (papagaio e araras, entre outros). Ela explicou que esses animais constituem um bom modelo para estudo por serem bas-

tante carismáticos – são bem conhecidos e existem várias espécies ameaçadas de extinção, o que permite usá-los como bandeira de conservação de todo um ecossistema. Por exemplo, em vários países do Caribe, algumas espécies de papagaios são as aves símbolos nacionais. Esse grupo também é interessante devido à gama de organismos distintos disponíveis para pesquisa, como a ararajuba (*Guarouba guarouba*), espécie endêmica (só existe em uma determinada região) do Brasil e ameaçada de extinção, e a arara-canindé (*Ara ararauna*), amplamente distribuída e que não está em risco.

“Os psitacídeos constituem um bom modelo para estudo por serem bastante carismáticos – são bem conhecidos e existem várias espécies ameaçadas de extinção, o que permite usá-los como bandeira de conservação de todo um ecossistema”

Cristina Yumi Miyaki  
Laboratório de Genética e Evolução Molecular de Aves da Universidade de São Paulo

A bióloga também mencionou dois pontos relacionados ao acesso do patrimônio genético importantes para a biodiversidade: a variabilidade genética e a identificação do sexo. O primeiro pode ser relevante para a conservação de animais com algum nível de ameaça de extinção. O segundo, também chamado de sexagem, permite descobrir se um indivíduo de uma espécie sem dimorfismo sexual (diferenças físicas entre os dois sexos) é macho ou fêmea.

### Perfil genético

Uma das técnicas utilizadas para se identificar o patrimônio genético é chamada DNA *fingerprinting*. Ela é baseada na análise do ácido nucléico que existe nos tecidos, cujas amostras podem vir de gotas de sangue, caudas de aves mortas ou outras fontes de músculos, fibras etc. O DNA é extraído a partir dessas células, cortado e processado por enzimas de restrição. Os vários fragmentos são separados por eletroforese (migração em um gel por meio de corrente elétrica), criando um padrão de bandas, e transferidos para uma membrana de *nylon*, onde serão marcados com uma sonda (um pedaço de DNA com material radioativo), no caso a região do DNA humano denominada ‘minisatélite 33,6’. Essa seqüência se repete ao longo de todo o genoma e é altamente variada, por isso cada indivíduo possui um padrão que é único.

Além da identificação individual, pode-se determinar também a filiação. Por exemplo, sabendo-se o padrão de bandas da mãe e do filhote, é possível descobrir

quais são de origem materna. As restantes provêm do pai; logo, basta ter o perfil de cada um dos candidatos para se identificar o progenitor. Outra função dessa comparação é estimar a similaridade entre indivíduos. Para tanto, calcula-se um índice que é resultado da divisão do número de bandas compartilhadas entre dois animais pelo número total de bandas do primeiro somado ao do segundo. Entre um filho e um pai, esse valor será aproximadamente 50%. Ou seja, metade das bandas vem da mãe e metade do pai. Miyaki relatou um exemplo prático da utilização dessas técnicas no Parque Zoológico de Sorocaba (SP). Sua idéia era estabelecer um programa de reprodução em cativeiro de sete indivíduos, cujos índices de similaridade eram conhecidos. A partir desses valores, seria possível identificar qual pareamento de casal era melhor do ponto de vista genético – preferivelmente, aqueles em que o macho e a fêmea fossem menos similares. Mas a pesquisadora da USP ressaltou que, se os dois animais não gostarem um do outro, não vai importar sua compatibilidade genética. “Em conservação tudo tem de ser levado em conta”, observou.

Outro parâmetro que pode ser avaliado usando o índice de similaridade é o nível de ameaça de extinção. Isso é feito calculando o valor médio entre os indivíduos de uma mesma espécie. Por exemplo, a arara-azul (*Cyanopsitta spixii*), extinta na natureza, tem um índice de 0,62 – bastante elevado, segundo Miyaki. Na arara-azul-grande (*Anodorhynchus hyacinthinus*), também considerada ameaçada, ele é de 0,45. Já no papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*) e uma das araras-vermelhas (*Ara chloroptera*), aves que não estão em perigo, o valor é de 0,23.

## **Machos e fêmeas**

A sexagem dos psitacídeos utiliza a técnica descrita anteriormente pela bióloga, contudo, o minissatélite usado é o 33,15. Essa região, que está presente no cromossomo W das aves (fêmeas possuem cromossomos sexuais Z e W, enquanto os machos têm dois Z), é responsável por bandas intensas, permitindo a fácil identificação dos indivíduos do sexo feminino. Essa metodologia, no entanto, só funciona para psitacídeos de cauda longa. Um fato interessante levantado por Miyaki foi o de que existe uma certa conservação no padrão das bandas dentro de uma espécie, ou seja, duas araras azuis, por exemplo, terão, além de seus perfis genéticos específicos, marcadores comuns a ambas.

Outra técnica usada para identificar o sexo é a da amplificação gênica, chamada de reação em cadeia da polimerase (PCR). Efetiva tanto para psitacídeos de cauda

curta quanto para os de cauda longa, o método se vale do gene *chd*, presente nos cromossomos W e Z. Como a cópia no W é maior do que a cópia no Z, a eletroforese, que separa por tamanho, revela duas bandas em fêmeas, mas apenas uma em machos.

## Parentesco e evolução

A bióloga falou ainda sobre filogenia, a análise evolutiva de animais com base em dados genéticos. Através dela, os cientistas podem compreender um pouco melhor a classificação de grupos obscuros e comparar esses dados com outras informações

“Através da análise evolutiva de animais com base em dados genéticos, os cientistas podem compreender um pouco melhor a classificação de grupos obscuros e comparar esses dados com outras informações independentes, como a morfologia”

Cristina Yumi Miyaki  
Laboratório de Genética e  
Evolução Molecular de Aves da  
Universidade de São Paulo

independentes, como a morfologia. As seqüências moleculares podem ser usadas para datar as separações das espécies e entender como elas ocorreram. Por fim, o estudo de padrões biogeográficos, as relações entre os animais e as áreas que habitam, também se beneficia dessa metodologia, que analisa a seqüência do DNA mitocondrial.

Miyaki revelou um estudo de filogenia baseado na seqüência de dois genes: o do RNA ribossomal 12S e o da proteína citocromo b. A árvore evolutiva resultante mostrou que os psitacídeos formam um grupo monofilético, ou seja, são descendentes de um único ancestral. Outro trabalho, realizado a partir da seqüência genética acima mais a do RNA ribossomal 16S e da citocromo oxidase I, demonstrou uma associação inesperada entre a ararajuba e a maracanã (*Diopisittaca nobilis*), espécies que pertencem a gêneros diferentes. Elas já foram um dia classificadas no gênero *Aratinga*. A bióloga relatou que a ararajuba jovem possui algumas características similares às da maracanã

de mesma idade, mas isso é algo que precisa ser mais bem estudado, provavelmente por meio da parte morfológica.

Outro dado inesperado foi a constatação de que três espécies do gênero *Aratinga* talvez não fossem monofiléticas. Os dados indicaram que a *A. leucophthalmus* não parece ser tão próxima da *A. aurea* e da *A. cactorum* quanto estas são entre si. “As análises moleculares estão apontando para informações diferentes das obtidas com os métodos tradicionais”, disse a pesquisadora.

Ela observou que, com esses dados, pode-se assumir a existência de um relógio molecular. Isso permite aos cientistas dizer que as distâncias genéticas podem estar refletindo o tempo de divergência evolutiva entre duas espécies. A partir daí, pode-se datar quando eventos de separação ocorreram e tentar entender o que pode tê-los influenciado. Como a crença atual é de que a diferenciação entre as ordens de aves tenha ocorrido há aproximadamente 100 milhões de anos, a pesquisadora mostrou uma árvore evolutiva calibrada com a separação da galinha (*Gallus gallus*) em relação aos psitacídeos. Através disso, percebe-se que a divergência do periquito-australiano (*Melopsittacus undulatus*) ocorreu mais ou menos no período Cretáceo, na mesma época em que os continentes se separaram. Segundo Miyaki, a quebra da massa continental pode ter feito com que a linhagem da australásia se separasse da dos neotrópicos de hoje, levando-as a evoluírem independentemente. Já nas espécies neotropicalais, grande parte das radiações ocorreram entre o Eoceno e o Oligoceno, quando surgiram os Andes e aconteceram grandes transgressões marinhas. As mudanças no nível continental podem ter isolado pequenos grupos, que evoluíram separadamente e deram origem a todas as linhagens atuais.

A bióloga citou um estudo mais abrangente, no qual o objetivo era compreender melhor o complexo *Aratinga solstitialis*, *A. jandaya* e *A. auricapilla*. Alguns autores acreditam que elas são três espécies distintas, enquanto outros defendem a idéia de que elas constituem três subespécies. Os animais são razoavelmente diferentes em termos de plumagens e estão separados geograficamente, mas, em cativeiro, cruzam e produzem descendentes férteis. A análise genética revelou que cada uma das aves forma um grupo bem definido, mas que existem poucas diferenças entre elas, sendo que a *A. jandaya* e a *A. auricapilla* são mais próximas entre si e mais distantes da *A. solstitialis*. Essa divergência poderia ser resultado de refúgios florestais ou do surgimento do rio Amazonas.

Finalizando sua palestra, Miyaki destacou as conclusões e as perguntas ainda em aberto do seu trabalho. Em sua opinião, existem dois grupos de psitacídeos neotropicalais – os de cauda curta e os de cauda longa –, sendo que vários gêneros não são monofiléticos. A constatação não é apenas filogenética, envolve também dados de morfologia e de cariótipo, entre outros. Uma questão que permanece sem resposta é se os animais que ocorrem na região neotropical pertencem a uma única linhagem ou não. Outro tema que pode ser mais bem estudado é a origem dos gêneros de cauda curta e *Ara* e *Aratinga*. “Isso tudo que apresentei mostra como é importante, e mesmo

estratégico para o país, acessar o patrimônio genético e gerar dados para trabalhar com conservação”, alertou a bióloga.

### Semelhanças e diferenças

Em sua exposição, a química Sílvia Nassif Del Lama falou sobre o que os geneticistas têm a contribuir para a conservação. Segundo ela, esses cientistas normalmente estão preocupados com as relações genéticas que existem entre os organismos ou entre as populações – o quanto existe de diversidade genética neles –, pois o grau de ameaça de extinção daria a orientação com relação ao manejo. Logo, com a assessoria de um geneticista, poder-se-ia, por exemplo, direcionar recursos para um grupo mais necessitado. “Ou seja, nós fazemos um diagnóstico e os conservacionistas o utilizam na sua atividade”, esclareceu a química.

**“As perguntas que devem ser feitas para a conservação das comunidades de aves do Pantanal são: seu hábitat está sendo degradado? Há assoreamento de rios, drenagens, desmatamentos e intervenção humana intensa? Existe alteração do tamanho populacional dessas comunidades?”**

Sílvia Nassif Del Lama  
Departamento de Genética e  
Evolução da Universidade  
Federal de São Carlos

Há duas principais situações em que a genética pode ser aplicada: quando o ambiente onde estão inseridas essas comunidades fica deteriorado e quando o tamanho populacional é afetado. Como exemplo da primeira, a pesquisadora citou a região de Everglades, no sudeste dos Estados Unidos. Essa área, apesar de costeira, possuía condições muito semelhantes às do Pantanal (MT). Porém, o grande pântano que se situava lá foi drenado e, conseqüentemente, todo o hábitat foi destruído. As populações de pássaros locais desapareceram, pois não tinham mais lugar para se reproduzir ou alimentar.

O caso da garça-branca-pequena (*Egretta thula*) serviu para ilustrar o segundo quadro. As plumas dessa ave foram usadas para decorar chapéus no final do século 19. A procura foi tanta que o preço pago pelo seu grama superou o do ouro e causou uma redução populacional significativa nas Américas do Norte e Central. O problema só foi resolvido quando os conservacionistas na época se mobilizaram e criaram uma lei que proibia o transporte dessas plumas. Trazendo a discussão para o

Brasil, Del Lama abordou as comunidades de aves do Pantanal e as perguntas que deveriam ser feitas para sua conservação: se seu hábitat está sendo degradado; se há assoreamento de rios, drenagens, desmatamentos e intervenção humana intensa; e se existe alteração do tamanho populacional dessas comunidades.

A química comentou que um problema sério para esse tipo de atividade aqui é a falta de um censo sistemático. Não há como saber qual era a situação dessas aves há 50 anos, pois ninguém tem essa informação, existem apenas alguns trabalhos pontuais. Já na América do Norte, levantamentos permitem conhecer o número de indivíduos em 1910, 1920, 1930 etc. De acordo com a pesquisadora, não se sabe se essas populações estão aumentando ou diminuindo no Brasil. Por isso, para avaliar o estado das comunidades no Pantanal, é necessário trabalhar com um grupo de espécies que funcione como indicador dessa situação.

Os escolhidos foram os ciconiformes, um grupo de aves de pernas e bicos longos que inclui as garças e cegonhas. Entre os fatores que motivaram a escolha estão: a especialização desses animais em relação ao hábitat, o modo como eles pescam em águas rasas, as drenagens das áreas úmidas que fazem com que eles desapareçam, sua posição no topo da cadeia alimentar – já que se houver algum problema com eles, os níveis tróficos inferiores provavelmente também serão afetados –, sua ampla distribuição geográfica – uma vez que, dentro do continente americano, sua população é grande e facilita a visualização – e sua alta sensibilidade a distúrbios.

O estudo usou o cabeça-seca (*Mycteria americana*), que ocorre desde o sudeste da América do Norte até o norte da Argentina e sofreu um declínio populacional muito denso nos Estados Unidos – passou de 60 mil indivíduos, em 1930, para apenas 5 mil, em 1978 –; além disso, desde 1984 ele é considerado ameaçado de extinção. Esse período coincidiu, aproximadamente, com a degradação de Everglades e acredita-se que ambos os eventos estejam intimamente ligados.

Outra ave utilizada no trabalho foi o tuiuiu ou jaburu (*Jabiru mycteria*), símbolo do Pantanal. Ele não está presente na América do Norte, mas ocorre na América Central, onde se encontra ameaçado, e na América do Sul, cuja população parece não sofrer riscos. O colhereiro (*Platelea ajaja*), outro pássaro que passou por um gargalo populacional, também foi estudado. O objetivo da pesquisa foi determinar o nível de diversidade e estruturação (diferenciação) genética dos ciconiformes do Pantanal para compará-lo com os de outras áreas do continente americano. A iniciativa contou com

o apoio de proprietários rurais, universidades brasileiras, organizações não-governamentais e pesquisadores estrangeiros.

O estudo se baseou em duas possibilidades. A primeira supunha que as populações do pantanal estariam interligadas com outras e, portanto, a manutenção da diversidade genética estaria garantida. Mesmo havendo um distúrbio na América do Norte, a troca de genes impediria possíveis problemas. A segunda hipótese assumiu

que as aves pantaneiras estavam totalmente isoladas. Logo, se houvesse uma perda genética e adaptações locais em uma determinada região do continente, poderia ocorrer prejuízo para a espécie como um todo.

**“Quando se compara o Pantanal com a América do Norte, percebe-se que existe uma diferenciação genética acentuada entre essas duas regiões. Embora as aves aqui possuam o mesmo repertório de genes que as de lá, a maneira como ele está distribuído entre as populações é diferente”**

Sílvia Nassif Del Lama  
Departamento de Genética e  
Evolução da Universidade  
Federal de São Carlos

### **Surpresas no estudo**

O levantamento dos caracteres genéticos foi feito por meio de marcadores nucleares, principalmente os protéticos (alozinas) e os microssatélites, bem como de DNA mitocondrial, coletado de amostras de sangue e penas. Del Lama informou que os dados obtidos surpreenderam os pesquisadores. Não se encontrou uma diferença muito grande no nível de variedade genética das populações pantaneiras com relação ao das norte-americanas. Ou seja, a diminuição populacional que aconteceu não comprometeu sua diversidade. Isso mostrou que as providências tomadas e o empenho aplicado foram produtivos para a resolução do problema. “Também detectamos uma perda de alelos [versões de um gene] raros nas populações da América do Norte, mas isso é esperado quando se passa por um gargalo populacional”, explicou a química da UFSCar.

Em relação à estruturação, a pesquisa revelou que as colônias norte-americanas estão estruturadas – cada uma representa uma unidade genética independente –, enquanto as pantaneiras não. Quando se compara o Pantanal com a América do Norte, percebe-se que existe uma diferenciação genética acentuada entre essas duas regiões. Em outras palavras, embora as aves aqui possuam

o mesmo repertório de genes que as de lá, a maneira como ele está distribuído entre as populações é diferente. Del Lama disse que essa foi outra surpresa do estudo. A primeira hipótese levantada para explicar esse resultado foi que as distâncias geográficas entre as colônias norte-americanas eram maiores que entre as pantaneiras, mas após medi-las, os pesquisadores constataram que eram similares. Em seguida, eles questionaram se as aves daqui migravam mais entre as colônias do que as de lá, levando a uma maior mistura genética. Porém, essa suposição também não encontrou respaldo nos dados obtidos.

A conclusão foi que a discrepância era, provavelmente, fruto de uma diferença no estado de equilíbrio genético das duas populações, que é um requisito para se poder dizer se elas estão ou não isoladas. Isso ocorreria porque aqui, no Pantanal, a intensa atividade predatória de pássaros, como o gavião cará-cará e o urubu, levaria as colônias a terem um tamanho maior. Na América do Norte, como não há predadores, elas são pequenas e, por isso, podem ter atingido um equilíbrio que ainda não existe nas pantaneiras. “Na verdade, a população nacional está estruturada, só que não conseguimos visualizar isso por causa da metodologia que utilizamos”, elucidou Del Lama.

Os dados obtidos com a análise do DNA mitocondrial confirmam essa hipótese, pois permitem dizer, dentro da estruturação, o que é resultado de efeito histórico e ecológico. Segundo o diagnóstico, ocorreram eventos de expansão histórica no Pantanal. Uma população deve ter sido o núcleo fundador e, a partir dela, teria havido um movimento de colonização na direção sul-norte, o que indica que as colônias do sul são mais antigas. Essa técnica também permitiu que os pesquisadores especulassem sobre a semelhança entre as populações norte-americanas e pantaneiras. Eles supuseram que, durante a última glaciação, a diferença climática pode ter feito essas aves migrarem para a América Central, onde teria havido uma grande

**“A diversidade é necessária para que os animais tenham condições, como espécie, de sobreviver a mudanças em seu hábitat. A extinção de uma comunidade pode privá-los de características que depois se mostrem fundamentais. No futuro, podemos ver toda uma espécie desaparecer por não termos cuidado dessas comunidades isoladas”**

Sílvia Nassif Del Lama  
Departamento de Genética e  
Evolução da Universidade  
Federal de São Carlos

miscigenação. Com a retração das geleiras, elas teriam recolonizado tanto o sudeste dos Estados Unidos quanto o Pantanal. Essas ondas de migração, ocorridas há aproximadamente 2 mil anos, poderiam explicar por que elas são tão semelhantes até hoje.

### **Plano conservacionista de longo prazo**

Concluindo sua palestra, a química relatou quais eram os desdobramentos desses resultados para a conservação das populações do Pantanal. Baseando-se no uso dessas aves como indicadoras de outros pássaros aquáticos, a primeira conclusão seria que cada sítio reprodutivo deve ser visto como uma unidade independente e, por isso, seria necessário preservar todos eles. “Algumas dessas comunidades podem estar dentro de propriedades privadas e, embora essas áreas estejam protegidas por lei, muitas vezes, por causa de uma questão econômica, os proprietários podam as árvores onde as aves fazem os ninhos, o que pode levar à extinção da colônia – como já aconteceu no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense”, exemplificou a pesquisadora. Para Del Lama, isso mostra a necessidade de se fazer um trabalho de longo prazo com fazendeiros – talvez um plano conservacionista com subsídio do governo –, para que eles entendam sua importância.

A química ressaltou que essas comunidades de aves aquáticas que não se extinguíram podem desenvolver adaptações locais que venham a afetar sua sobrevivência posteriormente. “A diversidade é necessária para que os animais tenham condições, como espécie, de sobreviver a mudanças em seu hábitat. A extinção de uma comunidade pode privá-los de características que depois se mostrem fundamentais. No futuro, podemos ver toda uma espécie desaparecer por não termos cuidado dessas comunidades isoladas”, alertou Del Lama.

## De olho no Pantanal

Proteger espécies e promover desenvolvimento sustentado significa profundo conhecimento da região em foco. Esta é a preocupação dos especialistas e estudiosos que moram e trabalham no Pantanal mato-grossense, onde são minoria, devido à baixa concentração de pesquisadores na região, e onde a pressão pelo desenvolvimento econômico esbarra, cada vez mais freqüentemente, com questões ambientais e de convivência social com os recursos naturais de forma sustentada.

No simpósio 'Pantanal: um alvo para o conhecimento científico', o químico Paulo Teixeira de Sousa Júnior, diretor do Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), a bióloga Marinês Isaac Marques, do Núcleo Interdisciplinar de Estudos Faunísticos da UFMT, e a bióloga Emiko Kawakami Resende, chefe geral da Embrapa-Pantanal, mostraram a uma platéia lotada os trabalhos que realizam em suas áreas, cujo foco é o equilíbrio e o desenvolvimento do ecossistema pantaneiro.

Uma das riquezas do ambiente pantaneiro reside na grande produção de peixes, graças ao ciclo de inundação anual na região. Até hoje foram listadas 263 espécies de peixes em seu hábitat, sendo que mais de 85% pertencem à superordem Ostariophysi, que reúne peixes com vantagens adaptativas, onde se inserem o pacu, o dourado, a tuvira, o pintado, a cachara e o cascudo.

Entre outras funções, os peixes atuam como dispersores de sementes e constituem a alimentação básica para muitos componentes da fauna local. A atividade pesqueira envolve cerca de 3,5 mil pescadores profissionais, organizados em colônias em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Já a pesca esportiva movimentou o setor turístico da região, calculando-se uma presença anual de 57 mil visitantes, responsáveis por mais de 75% de todo o pescado oficialmente desembarcado em MS.

**“Uma grande fração da vida animal e vegetal está em constante mutação e, para entender essa dinâmica, é necessário um incessante trabalho de pesquisa. Mas existe um número muito pequeno de pesquisadores radicados nos dois estados pantaneiros, onde a ocupação ainda é recente”**

Paulo Teixeira de Sousa Júnior  
Diretor do Centro de Pesquisa do Pantanal da Universidade Federal de Mato Grosso

A composição desse cenário se completa com a piracema, um dos fenômenos ecológicos mais espetaculares do Pantanal, que depende do ciclo anual de cheia e seca: a migração reprodutiva dos peixes rio acima, praticada pela maioria das espécies de grande porte.

Esse vigoroso e, ao mesmo tempo, frágil ambiente é o objeto de estudos do CPP, criado em 2002. Segundo seu diretor, Paulo Teixeira, que também integra o Laboratório de Pesquisas em Química de Produtos Naturais da UFMT, o cerrado e a floresta amazônica, assim como o Pantanal, por se constituírem em zonas de transição, geram grande competição entre as espécies: as plantas reagem quimicamente, os animais se adaptam e os microorganismos proliferam ou extinguem-se. “Uma grande fração da vida animal e vegetal está em constante mutação e, para entender essa dinâmica, é necessário um incessante trabalho de pesquisa. Mas existe um número muito pequeno de pesquisadores radicados nos dois estados pantaneiros, onde a ocupação ainda é recente”, lamentou Teixeira. “Sou o único químico de produtos naturais com doutorado na UFMT.”

Indagado por uma pessoa da platéia sobre o impacto que a presença de represas e hidrovias pode ter para a sobrevivência das espécies, o diretor do CPP respondeu que o papel do pesquisador é conhecer e divulgar profundamente as questões ambientais, de fauna e flora, assim como as condições socioeconômicas, instrumentos para a sociedade impulsionar as decisões políticas.

Continuando sua exposição, Teixeira apresentou trabalho realizado por seu grupo sobre três espécies vegetais com grande potencial de uso medicinal, cujas propriedades terapêuticas, conhecidas popularmente, puderam ser identificadas por pesquisadores da universidade. Em análises laboratoriais das plantas – não houve testes em seres humanos –, confirmaram-se as propriedades indicadas para doenças como malária ou câncer.

Uma das espécies testadas por Teixeira foi a *Acosmium dasycarpum*, ou perobinha-do-campo, um dos nomes pelos quais a planta é conhecida, usada popularmente como antiinflamatório. Na pesquisa, foram encontrados compostos de ação antioxidante e antimicrobiana, e um artigo com os resultados foi aceito para publicação na revista alemã *Zeitschrift für Naturforschung*.

A jacareúba ou guanandi, nomes populares da *Calophyllum brasiliense*, usada para tratar úlcera, também teve sua ação farmacológica confirmada e já está com patente requisitada pela equipe da UFMT.

Apenas no caso da *Spiranthera odoratissima*, nome científico do popular manacá, os ensaios farmacológicos não confirmaram as propriedades de suas raízes e folhas, empregadas popularmente no tratamento da sífilis, de infecções renais, abscessos e reumatismo. Teixeira observou, contudo, que foi identificado na planta potencial para o combate da malária, do câncer e do diabetes. O estudo foi encaminhado para publicação na revista *Phytochemistry*.

**“Há uma verdade incontestável que qualquer piscicultor precisa saber: não se pode fazer uso máximo no auge da cheia, pois o equilíbrio será quebrado; é preciso trabalhar na média para fazer o uso sustentável dos recursos disponíveis”**

Emiko Kawakami de Resende  
Chefe Geral da  
Embrapa-Pantanal

## **Zoológico sem cerca**

“A primeira impressão que tive do Pantanal foi a de um grande zoológico sem cerca.” Foi assim que a bióloga Emiko Kawakami de Resende viu a região há quase duas décadas, onde passaria a dedicar sua vida à pesquisa. “É fundamental entender os ciclos de vida para fazer o uso sustentável”, disse Resende, referindo-se especificamente aos peixes – a pesca constitui a segunda atividade econômica da região, após a pecuária. “Há uma verdade incontestável que qualquer piscicultor precisa saber: não se pode fazer uso máximo no auge da cheia, pois o equi-

líbrio será quebrado; é preciso trabalhar na média para fazer o uso sustentável dos recursos disponíveis”, alertou.

Segundo a bióloga, a abundância da fauna na região, particularmente da aquática, pode ser explicada pelos pulsos de inundação, uma vez que a enchente e a seca maximizam a oferta de alimentos. Resende lembrou que o pulso de inundação é o termo científico para falar do processo anual de enchente e seca – o que, em ecologia, se chama ‘processo ecológico essencial’ –, que comanda a riqueza, a distribuição e a abundância de vida no Pantanal.

**“A inundação proporciona ricas fontes alimentares para peixes detritívoros, herbívoros, insetívoros e onívoros, que são a base da cadeia alimentar dos peixes carnívoros e de outras espécies animais que as consomem, como aves aquáticas, jacarés, lontras e ariranhas”**

Emiko Kawakami de Resende  
Chefe Geral da  
Embrapa-Pantanal

“No processo da enchente/cheia, as áreas inundadas têm a sua vegetação alagada, onde uma parte morre e se decompõe, formando os detritos orgânicos, fonte de alimento dos peixes detritívoros, como curimbatás e sairus; outra parte retém os sedimentos e matéria orgânica dissolvida, servindo de substrato para desenvolvimento de algas e microrganismos (bactérias, tecamebas etc.); e finalmente um terceiro estrato – a vegetação terrestre alagada – fornece alimento aos peixes na forma de flores, frutos e sementes”, esclareceu Resende. “A inundação também propicia o desenvolvimento de grandes massas de vegetação aquática e, associadas a elas, ricas comunidades de insetos aquáticos que servem de alimento aos peixes. Assim, a inundação proporciona ricas fontes alimentares para peixes detritívoros, herbívoros, insetívoros e onívoros, que são a base da cadeia alimentar dos peixes carnívoros e de outras espécies animais que as consomem,

como aves aquáticas, jacarés, lontras e ariranhas.”

Já na fase da seca, a pesquisadora contou que o crescimento da vegetação terrestre recomeça nas áreas anteriormente alagadas, agora fertilizadas, em parte, no processo de inundação e de decomposição da vegetação aquática da fase anterior. “Dessa forma, o sistema consegue incorporar e aproveitar matéria orgânica de forma muito eficiente, explicando a riqueza e diversidade dos rios com planícies inundáveis”, completou Resende.

Ela destacou ainda os fatores responsáveis pelos pulsos de inundação que tanto beneficiam a natureza pantaneira. “As chuvas que caem nas cabeceiras dos rios e na própria planície pantaneira, devido à sua baixa declividade, enfrentam dificuldades de escoamento, aumentando o tempo de permanência da água na região. Outro fator que propicia as enchentes é a alta sinuosidade que o rio Paraguai e seus afluentes apresentam em sua travessia pelo Pantanal. E há, ainda, as peculiaridades de relevo e geologia, que funcionam como verdadeiras barragens ao fluxo das águas ao longo do rio, formando lagoas e baías piscosas na região.”

São essas características, na avaliação da biologia, que respondem pela exuberância de vida animal e vegetal na região pantaneira, assim como pelas possibilidades de aproveitamento econômico – com destaque para a pecuária extensiva que vem sendo praticada há mais de dois séculos.

“As peculiaridades das espécies animais e da natureza vegetal precisam ser conhecidas a fundo para garantir o frágil equilíbrio da região”, defendeu Resende. “Gostaria que, entre as opções econômicas buscadas para a fixação da população, se investisse na valorização do produto pantaneiro. Uma idéia seria estabelecer a marca Pantanal, agregar valor aos produtos pesqueiros. Quem não gostaria de experimentar um patê de sardinha do Pantanal?”, exemplificou.

### **Lacuna no conhecimento**

Os estudos no Pantanal Sul começaram na metade de 1980, a partir do rio Miranda, para subsidiar o entendimento do peixe como insumo econômico e sua interação biológica com outras espécies. As pesquisas continuaram focalizando a variação da vazão do rio Cuiabá. “Estudos dessa natureza, como foi feito com o curimbatá, têm que ser desenvolvidos por pelo menos dois anos, por causa do ciclo da água”, apontou a pesquisadora da Embrapa-Pantanal, citando alguns fatos que devem ser levados em conta. “Machos e fêmeas têm curvas de crescimento diferente, o que ocorre em praticamente todas as espécies. Peixes de

**“As peculiaridades das espécies animais e da natureza vegetal precisam ser conhecidas a fundo para garantir o frágil equilíbrio da região. Gostaria que, entre as opções econômicas buscadas para a fixação da população, se investisse na valorização do produto pantaneiro”**

Emiko Kawakami de Resende  
Chefe Geral da  
Embrapa-Pantanal

valor econômico interagem com outras espécies no rio Miranda e dispõem de quatro estratégias reprodutivas. Já o rio Taquari, que apresenta extensa inundação, interage intensamente com plantas, insetos e até animais. Mas quantos grupos estudam todos esses fenômenos?”, questionou a bióloga, lembrando que costuma-se apenas avaliar a pesca, seu impacto, as espécies em risco e a administração pesqueira. Ela lamentou

**“Comunidades inteiras são influenciadas pela sazonalidade e pelo pulso de inundação, exigindo mecanismos de controle primários nesses sistemas. Mas falta conhecimento profundo dessa biodiversidade para subsidiar, inclusive, os tomadores de decisão política face ao desenvolvimento econômico e social da região”**

Marinês Isaac Marques  
Núcleo Interdisciplinar de  
Estudos Faunísticos da  
Universidade Federal  
de Mato Grosso

também o fato de ainda não se ter resposta para tais perguntas, uma vez que só existem 21 pesquisadores para estudar essa extensa região.

Reforçando essa afirmativa, a bióloga da UFMT, Marinês Isaac Marques, destacou que, em seis anos de trabalho sobre a ecologia dos artrópodes do Pantanal, os resultados dependem, em grande parte, da parceria com outras universidades, como a USP, e outros pesquisadores, inclusive do exterior, como os do Instituto Max Planck, na Alemanha, ou do Smithsonian Institute, nos Estados Unidos.

Minúsculos seres do mundo animal, os artrópodes cumprem um papel fundamental como indicadores de alterações ambientais. Eles ajudam a entender a influência da sazonalidade e do regime hídrico, contribuindo na elucidação de melhores manejo, conservação e manutenção da diversidade biológica.

A equipe de Marques pesquisou os mais diferentes habitats do Pantanal, como solos, troncos, copas e ambientes aquáticos, assim como as estratégias de sobrevivência de formigas e minhocas e suas migrações horizontais e verticais (através dos caules das plantas). O objetivo desses estudos era aprofundar o conhecimento para o uso de controle biológico de algumas espécies que infestam algumas regiões. “Mas somos

um grupo ainda muito pequeno para desvendar a imensidão de informações sobre artrópodes que habitam o Pantanal”, lamentou a bióloga.

Ela lembrou que comunidades inteiras são influenciadas pela sazonalidade e pelo pulso de inundação, exigindo mecanismos de controle primários nesses sistemas.

Mas falta conhecimento profundo dessa biodiversidade para subsidiar, inclusive, os tomadores de decisão política face ao desenvolvimento econômico e social da região.

### Problemas conhecidos

A pesquisadora da Embrapa alertou que, entre as maiores ameaças na ocupação do entorno do Pantanal, estão a erosão e o assoreamento na planície. “Existem formas de diminuir esse impacto de ocupação inadequada, como instrumentos de difusão e transferência de tecnologia, mas o primeiro passo seria garantir a obediência ao código florestal de ocupação das margens e o uso do plantio direto”, ponderou Resende.

Outro risco apontado por ela é o de introduzir espécies exóticas, como a tilápia. Em sua opinião, sua introdução – sem contar as consequências ambientais – é uma burrice do ponto de vista econômico, devido ao baixo valor da espécie no mercado e à concorrência com a Austrália, campeã na produção. Além disso, Resende julga difícil prever o impacto das espécies importadas de outros ambientes e cita o caso do tucunaré, que dizimou espécies nativas no Panamá. “No Pantanal, no entanto, isso não ocorreu e ele está se dispersando pela margem do rio”, comparou. “Já com o tambaqui, originário da Amazônia e que registrou um estouro da criação no rio Cuiabá, a situação é mais grave por se tratar de uma espécie migradora e competir com o pacu por hábitos alimentares. O mexilhão dourado, proveniente da China, é encontrado hoje nos rios Paraguai e Cuiabá, e costuma entupir encanamentos de estações de tratamento de água e hidrelétricas, como a de Itaipu.”

Para Teixeira, é preciso responder todas essas questões básicas, que incluem, por exemplo, identificar qual a melhor forma de convivência entre a pecuária e a pesca. Ele disse que, embora a pecuária seja uma atividade adaptada ao ambiente pantaneiro, a perda de peso do gado que vem se observando pode colocar em risco esse

**“O cavalo e o gado foram introduzidos no Pantanal no século 16. Os sistemas naturais são dinâmicos, as gramíneas nativas sustentam a pecuária extensiva e, hoje, se se retirasse o gado – que pisa na grama, impedindo, dessa forma, a proliferação do fogo nas épocas secas – seria um desastre”**

Paulo Teixeira  
de Sousa Júnior  
Diretor do Centro de Pesquisa  
do Pantanal da Universidade  
Federal de Mato Grosso

equilíbrio e eliminar, inclusive, a atividade na região. Como consequência, ela pode ser substituída por outra atividade produtiva não suficientemente pesquisada em termos de impacto ambiental.

“O cavalo e o gado foram introduzidos no Pantanal no século 16. Os sistemas naturais são dinâmicos, as gramíneas nativas sustentam a pecuária extensiva e, hoje, se se retirasse o gado – que pisa na grama, impedindo, dessa forma, a proliferação do fogo nas épocas secas – seria um desastre”, ponderou Teixeira. Sua idéia é trabalhar em rede no CPP, sem estruturas dispendiosas, atuando em parcerias e com apoios das Faps (fundações estaduais de amparo à pesquisa). “É uma tentativa de garantir esse patrimônio da humanidade, sobre o qual se tem tão pouco conhecimento acumulado, com a agravante de que as informações disponíveis sobre ele estão dispersas”, concluiu.