

CIÊNCIA CULTURA

TEMAS E TENDÊNCIAS

**MUDA
NOS
CLIMAS
TIPOS**

3 EDITORIAL

4 TENDÊNCIAS

O PLÁGIO NA COMUNIDADE CIENTÍFICA: QUESTÕES CULTURAIS E LINGÜÍSTICAS
Sonia M. R. Vasconcelos

BRASIL

6 COMO A SOCIEDADE “NÃO” ENXERGA OS INVISÍVEIS E OS SURDOS

8 INVISIBILIDADE SOCIAL DOS TRABALHADORES

9 VULNERABILIDADE COLOCA EM RISCO ÍNDIOS NO MARANHÃO

11 TESTE DO OLFATO AUXILIA NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DE PARKINSON

13 DIVERSAS PUBLICAÇÕES SE DEDICAM A ORIENTAR TURISTAS NA OBSERVAÇÃO DA NATUREZA

16 DARWIN: VIDA E TEORIA DA EVOLUÇÃO NO MASP

17 MOSTRA ITINERANTE REFORÇA A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA O PLANETA

NÚCLEO TEMÁTICO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS

ARTIGOS

22 Mudanças climáticas e Amazônia

Carlos A. Nobre
Gilvan Sampaio
Luis Salazar

27 Análise das modificações da paisagem da região Bragantina, no Pará, integrando diferentes escalas de tempo

Ima Célia Guimarães Vieira
Peter Mann de Toledo
Arlete Almeida

31 Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas

Flávio J. Luizão

36 Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia

Julia Clarinda Paiva Cohen
Josivan da Cruz Beltrão
Adilson Wagner Gandu
Renato Ramos da Silva

39 Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal

Francis Wagner Silva Correia
Antonio Ocimar Manzi
Luiz Antonio Cândido
Rosa M. Nascimento dos Santos
Theotônio Pauliquevis

44 O clima atual e futuro da Amazônia nos cenários do IPCC: a questão da savanização

Luiz Antonio Cândido
Antonio Ocimar Manzi
Julio Tota
Paulo Ricardo T. da Silva
Flérida Seixas Moreno da Silva
Rosa M. Nascimento dos Santos
Francis Wagner Silva Correia

48 O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico

Theotônio Pauliquevis
Paulo Artaxo
Paulo Henrique Oliveira
Melina Paixão

NOTÍCIAS 51
PESQUISAS 52

MUNDO

18 ESCOLAS INGLESAS MOSTRAM MODELOS FAMILIARES ALTERNATIVOS

19 PESQUISA IBERO-AMERICANA MEDE A PERCEPÇÃO PÚBLICA DE C&T

CULTURA



Foto da época da guerrilha do Caparaó

56 CINEMA Documentário nas alturas da serra do Caparaó

58 ARTE CONTEMPORÂNEA Parceria da Fapesp com o museu de Houston

59 LITERATURA Clarice Lispector e A hora da estrela

60 LANÇAMENTO Obra mostra a formação do Brasil muito antes de Cabral

62 POESIA IDALIA MAREJÓN ARNAIZ

64 PROSA DAVID OSCAR VAZ

E X P E D I E N T E

CIÊNCIA CULTURA

<http://cienciaecultura.bvs.br>

CONSELHO EDITORIAL

Adalberto Luiz Val, Aldo Malavasi, Antonio Flávio O. Pierucci, Benício Schmidt, Carlos Alfredo Joly, Daniel Hogan, Dora Fix Ventura, Francisco César de Sá Barreto, Gilberto Velho, Hernan Chaimovich, Igor Pacca, João Lucas Marques Barbosa, Marco Antonio Raupp, Miriam Krasilchik, Reginaldo Prandi, Roque de Barros Laraia, Ruben George Oliven, Silvio Coelho dos Santos, Yonne Leite

EDITOR CHEFE

Carlos Vogt

EDITORA ASSISTENTE

Regina Pekelmann Markus

EDITORES CIENTÍFICOS

Ciências Biológicas

Giles Alexander Rae, Miguel Trefaut Rodrigues

Ciências Exatas

Sílvio Salinas, Marcelo Knobel

Ciências Humanas

Eduardo Guimarães, Miguel Chaia

EDITORA EXECUTIVA

Wanda Jorge

EQUIPE DE REPORTAGEM

Alfredo de Oliveira Suppia,
Antonio Carlos Amorim, Carolina Cantarino,
Carolina Toneloto, Cauê Nunes, Flávia Natércia,
Lívia Botin, Murilo Alves Pereira, Patrícia Mariuzzo,
Rodrigo Cunha, Susana Dias

CAPA

João Baptista da Costa Aguiar

DIAGRAMAÇÃO

Carla Castilho | Estúdio
Luís Paulo Silva (tratamento de imagens)

REVISÃO

Daisy Silva de Lara

CONSULTORES

Literatura

Álcir Pécora, Paulo Franchetti

DIRETORIA DA SBPC

PRESIDENTE

Ennio Candotti

VICE-PRESIDENTES

Celso Pinto de Melo

Dora Fix Ventura

SECRETÁRIA-GERAL

Lisbeth Kaiserlian Cordani

SECRETÁRIOS

Ingrid Sarti,
Maria Célia Pires Costa,
Osvaldo Augusto Brazil Esteves Sant'Anna

TESOUREIROS

Peter Mann de Toledo (1º tesoureiro)
Sueli Druck (2º tesoureiro)

CONTATOS

Redação

cienciaecultura@sbpcnet.org.br

Revista *Ciência e Cultura*

ISSN 0009-6725

Entre os desafios que se constituem como marcas registradas do conhecimento no mundo contemporâneo, tenho apontado três que parecem ser fundamentais para a dinâmica de seu papel e de seu funcionamento na sociedade que leva também o seu nome: sociedade do conhecimento.

O primeiro desses desafios – vamos chamá-lo **tecnológico** – diz respeito à nossa capacidade de transformar conhecimento em riqueza, isto é, agregar ao conhecimento valor econômico e social.

O segundo, que proponho chamar **ético e pragmático**, concerne à nossa capacidade de gerar riqueza, pelo conhecimento, socializando-a com justiça e com responsabilidade social.

O terceiro desafio – podemos chamá-lo **ecológico** – pergunta-nos se produzindo conhecimento, permitindo acesso a ele e às riquezas que gera, oferecemos também a nós mesmos, em sociedade, a responsabilidade e as condições de preservação plena da vida em nosso planeta.

O 4º relatório do Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) divulgado recentemente pela ONU, reforçou a relevância do assunto e a urgência em buscarmos respostas para esse desafio.

O Núcleo Temático aqui presente volta-se para essa questão e, coordenado pelo professor Carlos Afonso Nobre, com a colaboração do professor Antonio Ocimar Manzi, traz importantes contribuições para sua análise, discussão e entendimento, focando a revista no meio ambiente e este no clima de *Ciência & Cultura*.

CARLOS VOGT
Editor chefe, julho de 2007

O PLÁGIO NA COMUNIDADE CIENTÍFICA: QUESTÕES CULTURAIS E LINGÜÍSTICAS

Sonia M. R. Vasconcelos

Na visão da maioria dos países de língua inglesa, o plágio é definido como a “apropriação ou imitação da linguagem, idéias ou pensamentos de outro autor e a representação das mesmas como se fossem daquele que as utiliza”, conforme o *Random House Unabridged Dictionary*. Essa definição é compartilhada por inúmeros dicionários da língua inglesa, assim como por universidades britânicas e americanas. De acordo com a University of Hertfordshire Hatfield no Reino Unido, o plágio se caracteriza pela apropriação de idéias ou palavras de outrem sem o devido crédito, mesmo que accidental. Segundo a universidade, “o plágio é considerado uma prática muito séria na educação superior no Reino Unido. Mesmo que uma pequena seção de seu trabalho contenha plágio, é possível que a nota zero seja atribuída a ele... Em casos mais extremos, você pode ser expulso da universidade”.

Nos Estados Unidos, a prática do plágio também é vista com bastante seriedade e está sujeita a punições acadêmicas. De acordo com John Edlund, da Califórnia State University, “o plágio é uma violação direta da honestidade acadêmica e intelectual. Muito embora ele possa existir sob várias formas, todos os tipos de plágio se resumem na mesma prática: representar as idéias ou palavras de outrem como se fossem suas... mesmo a utilização das idéias do outro nas suas próprias palavras sem citação também pode ser qualificado como tal”.

Como a prática do plágio aponta para

desonestidade acadêmica, ele também é investigado pelas agências de fomento à pesquisa em tais países. Em 2006, o Swedish Research Council recebeu uma denúncia de fraude relacionada ao plágio de um projeto de pesquisa. Um pesquisador de biologia submeteu uma versão plagiada de um projeto já entregue por sua orientadora ao National Institutes of Health (NIH), nos EUA. O financiamento para o biólogo foi automaticamente cancelado após a denúncia de fraude.

TOLERÂNCIA ZERO De certa forma, o mesmo rigor tem sido aplicado a denúncias de plágio em publicações acadêmicas. Atualmente, há uma política de “tolerância zero” ao plágio, que vem se estabelecendo através de periódicos internacionais. Recentemente, a Elsevier estabeleceu orientações bastante detalhadas sobre questões éticas relacionadas ao artigo científico. Na definição sobre o plágio, até mesmo algumas nuances foram abordadas: “a cópia pode ocorrer mesmo sem a reprodução exata das palavras do texto original. Este tipo de cópia é conhecido como paráfrase e pode ser o tipo de plágio mais difícil de ser detectado.” Para autores acusados de plagiar idéias ou trechos de publicações anteriores, a punição é, muitas vezes, o bloqueio de nova submissão de manuscritos pelos envolvidos nesse tipo de “fraude”. Em 2004, O *The Scientist* divulgou uma dessas. O pesquisador egípcio, Mostafa Imam, publicou, em cerca de 20 anos, vários *papers* sobre fósseis de algas, auto-

plagiando várias imagens. Figuras de algas vermelhas, por exemplo, típicas de um determinado período geológico, apareciam como típicas do Egito, enquanto eram da Espanha. Ele não só teve sua reputação destruída na academia, como também comprometeu, através de seus plágios, o estado da arte na área de micropaleontologia. Imam ficou impedido de re-submeter trabalhos para o periódico.

No entanto, o conceito de plágio ainda é bastante difuso para pesquisadores de vários países. Na verdade, não só o conceito como também as relações que se estabelecem com tal prática decorrem de um viés cultural importante. A abordagem do plágio é permeada pelo conceito de autoria e propriedade intelectual. Sendo assim, não se pode negar que culturas que legitimam a condenação da cópia de textos e idéias de outrem sem a devida citação, legitimam a propriedade intelectual do autor, ou seja, a originalidade. De acordo com Edlund, “...em países de língua inglesa, as pessoas acreditam que idéias e expressões escritas podem ser possuídas. Quando um autor escreve uma determinada sequência de palavras ou frases expressando uma determinada idéia, esse autor, de fato, é dono de tais construções e idéias. Portanto, a utilização de tais palavras sem a devida atribuição ao autor se configura roubo. Essa questão é bem diferente, por exemplo, da idéia chinesa de que palavras e idéias pertencem à cultura e à sociedade e devem ser compartilhadas entre os indivíduos...” O pesquisador Marcel Laffollette, no artigo “The evo-

lution of the scientific misconduct issue: a historical overview” (2000), reporta que para um cientista americano, “o roubo de suas palavras é roubo de autoria. O roubo de sua idéia é roubo de sua própria identidade como cientista”. A importância dada ao plágio nas universidades e órgãos de financiamento americanos acaba se introduzindo em outras culturas que não compartilham dessa mesma visão de propriedade. Para culturas confucianas – como, por exemplo, Singapura, China e Coreia – a autoria e a originalidade não são valorizadas como no Ocidente. A noção de propriedade intelectual, tradicionalmente, é bem mais coletiva do que individual. Portanto, num contexto acadêmico extremamente multicultural, não são poucos os conflitos e dilemas que decorrem dessa visão diversa de autoria e produção textual. Há uma preocupação considerável por parte de autores dessas culturas confucianas em desenvolver mecanismos educacionais para diminuir as diferenças, por exemplo, na visão do texto do artigo científico.

Em 1996, a *Science* divulgou que três casos de plágio envolvendo cientistas chineses levaram a uma discussão nacional sobre esse tipo de má conduta. A Academia Chinesa de Ciências, engajada na discussão, introduziu o *On being a scientist*, lançado em 1989 pela Academia Nacional de Ciências dos EUA, entre os pesquisadores chineses. O objetivo seria reduzir a incidência de fraudes, incluindo o plágio, entre os pesquisadores. Hoje, medidas educacionais contra o plágio e outras formas de má conduta se tornaram uma das prioridades no ambiente acadêmico daquele país. Num editorial sobre o plágio (1996), Carlos Coimbra, editor de *Cadernos de Saúde Pública*, declara que “no Brasil pouco se fala sobre plágio em ciência. Isto certamente decorre menos da ausência do problema no país do que da falta de iniciativas para aprofundar essa discussão.” É necessário considerarmos o cenário atual da pesquisa científica. Hoje, diferente do que acontecia até

pelo menos a década de 1980, ciência em inglês é um imperativo. Se considerarmos que mais de 95% dos artigos na base de dados do *Science Citation Index* está em língua inglesa, qual a razão para que resultados originais de pesquisa não tenham pelo menos uma versão no idioma? Porém, quantos cientistas não-nativos, incluindo os brasileiros, são proficientes em inglês? Mais do que isso: quantos desses cientistas conseguem produzir sua própria voz em todas as seções do artigo científico? Para o Brasil, um país cuja língua materna é o português e onde o inglês não é falado nem mesmo como terceira língua, poderíamos dizer que bem poucos.

PERIÓDICOS ESTRANGEIROS No entanto, a produção do país em periódicos internacionais é crescente e hoje contamos com cerca de 1.6% das publicações em periódicos indexados no *Thomson Scientific*. Não se sabe se há trechos plagiados nessas publicações nem mesmo o quanto de auto-plágio existe nessa fração, já que isso não foi investigado. Porém, se considerarmos a realidade linguística da pesquisa brasileira e a de uma educação voltada para a produção do texto não como instrumento formador de senso crítico e opinião, nos vemos numa situação favorável ao plágio. De acordo com Obdália Silva, em seu *Entre o plágio e a autoria? qual o papel da universidade?* (2006) [no Brasil]... “historicamente, desde o ensino fundamental à universidade, tem-se conviviado com a prática de cópias de produções textuais de outrem, seja de forma parcial ou total, omitindo-se a fonte...”. De volta à pergunta (1), será que por compartilharmos uma visão mais ocidental da autoria e propriedade intelectual, cometemos menos plágio do que, por exemplo, os chineses? Não necessariamente; a questão é que a produção científica chinesa é bem maior que a brasileira e talvez a exposição seja maior. Quanto à pergunta (2), será que os poucos casos de plágio (publicizados) envolvendo cientistas brasileiros indicam

que a prática aqui é rara? Não necessariamente, pois se a tolerância à prática do plágio de textos em inglês, por exemplo, for a mesma para quem comete e quem detecta, não haveria interesse em investigar a questão. Seria quase como se pensar em abrir uma caixa de Pandora.

O fato é que a discussão da dimensão da prática do plágio na academia é de extrema importância para a atividade científica. Diante da relevância do tema e do foco internacional que ele vem recebendo é, no mínimo, ingênuo ou imaturo não se pensar de forma bem pragmática em abordar o plágio nas universidades e outras instituições de pesquisa. Isto poderia ser discutido nos programas de pós-graduação.

Vale lembrar, porém, que a definição de plágio aceita pelas agências de fomento americanas e européias é bastante rigorosa e demanda originalidade na produção textual. É difícil pensar que apenas informação resolva o problema de autores que, por não dominarem a língua inglesa, se vêem “tentados” a um empréstimo linguístico subversivo de pequenos trechos de artigos em inglês. Segundo a definição internacional do plágio, mudar algumas palavras de uma frase de outrem e incorporá-las no texto em construção configura plágio. Sendo assim, também é extremamente importante que, paralelamente à orientação sobre tal prática, também estejam políticas educacionais que fomentem o ensino de redação científica em inglês nos programas de pós-graduação em ciências. Se as ações não forem conjuntas, pouco se avançará sobre essa questão e perderemos a oportunidade de, inclusive, questionarmos, se for o caso, o quanto dessas definições internacionais dialogam com a realidade cultural e linguística em que se dá a pesquisa científica brasileira.

Sonia M.R. Vasconcelos é mestre em literatura de língua inglesa e doutoranda do Programa de Educação, Gestão e Difusão em Biociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).



Cartaz do filme

ANTROPOLOGIA

Como a sociedade “não” enxerga os invisíveis e os surdos

“Sou um homem invisível. Não, não sou um fantasma como os que assombravam Edgar Allan Poe... Sou um homem de substância, de carne e osso, fibras e líquidos – talvez se possa até dizer que possuo uma mente. Sou invisível, compreendam, simplesmente porque as pessoas se recusam a me ver”. A recusa do olhar do outro como negação da sua própria humanidade motivou Ralph Ellison em seu romance *Homem invisível*, de 1952, a relatar a experiência da discriminação racial nos Estados Unidos.

Inspirado em Ellison e pela idéia da invisibilidade, o filme *Um dia sem mexicanos* (2004), do diretor mexicano Sergio Arau, tenta imaginar o que aconteceria com a Califórnia se toda a população hispânica residente no estado, repentinamente, desa-

parecesse. Bastante criticado por “brincar” com o preconceito, para denunciá-lo, o filme acabou inspirando, em maio de 2006, o protesto “Um dia sem imigrantes”, quando boicotes foram realizados em grandes cidades dos Estados Unidos com o objetivo de paralisar o país durante 24 horas. O objetivo era demonstrar o peso do trabalho dos imigrantes na economia americana, num momento em que o Senado estudava endurecer as leis do país contra a entrada de estrangeiros para trabalhar no país e forçar a regularização da situação dos imigrantes ilegais.

HUMILHAÇÃO SOCIAL O filme e o protesto exploraram o que pode acontecer quando pessoas socialmente invisíveis desaparecem. Mas os invisíveis existem por conta daqueles que se recusam a enxergar. O que dizer, então, dessa relação entre invisibilidade e cegueira social? Essa é uma das questões do livro *Homens invisíveis: relatos de uma humilhação social* (Editora Globo, 2004), do psicólogo Fernando Braga da Costa. Durante nove anos e pelo menos uma vez por semana, Fernando trabalhou junto com os garis da Universidade de São Paulo, varrendo calçadas e ruas, recolhendo folhas, papéis, plásticos e sucatas, limpando lixeiras, capinando grama, retirando o barro acumulado nos canteiros. Por meio dessa convivência com os trabalhadores,

dentro e fora da cidade universitária, pôde compartilhar e ouvir deles o sofrimento vivido nas situações de humilhação social pelas quais passam cotidianamente.

O autor descreve o “episódio do uniforme”. Na companhia de Antônio, um dos garis com quem trabalhava, Fernando precisou passar por dentro do prédio do Instituto de Psicologia, onde fazia o seu mestrado. Vestindo o uniforme de gari, sua expectativa era a de que seus colegas de classe e professores o reconhecessem e se surpreendessem. Expectativa frustrada. A surpresa foi dele. “Não fui reconhecido. E as pessoas pelas quais passávamos não reagiam à nossa presença. Talvez apenas uma ou outra tenha se desviado de nós como de obstáculos, objetos. Nenhuma saudação corriqueira, um olhar, sequer um aceno de cabeça. Foi surpreendente. Eu era um uniforme que perambulava: estava invisível, assim como Antônio. Saindo do prédio, estava inquieto; era perturbadora a anestesia dos outros, a percepção social neutralizada”. Vários outros episódios semelhantes a esse são narrados por Fernando, que experimenta, assim, uma situação vivida assiduamente pelos garis. Segundo o psicólogo, a invisibilidade pública caracteriza a vida de empregadas domésticas, faxineiros, porteiros, garis e outros trabalhadores subalternos, que deixam de ser vistos como pessoas e passam a ser tratados



como coisas. Aparecem apenas os uniformes e os lugares varridos e limpos. Sua subjetividade é totalmente ignorada e, mais do que isso, a própria humanidade dessas pessoas, deixa, assim, de ser reconhecida.

Tanto quanto a invisibilidade e a humilhação social que a acompanha, a cegueira pública deve ser entendida como um fenômeno político e, ao mesmo tempo, psicológico, considera o pesquisador. Político porque relacionado às desigualdades históricas entre classes sociais. Portanto, há interesses de classe informando a cegueira – aqueles que se recusam a ver o outro, trabalhador subalterno, porque não o reconhecem como um igual. E a cegueira pública, segundo Costa, também é psicológica, na medida em que participamos pessoalmente (mesmo que sem o perceber) da sua manutenção. Ou seja, não se trata apenas de uma determinação histórica – a distância social entre pessoas de classes distintas. E, nesse caso, o que vale lembrar é que ela pode ser superada. Reconhecendo-se, por exemplo, a presença do outro através de uma genuína conversa. Ao reconhe-

cer o seu direito de falar e ser ouvido, o outro passa a ser visto.

EXCLUSÃO INCLUSIVA Mesmo em contextos que se propõem a ser mais inclusivos, lutar contra a invisibilidade ainda é um desafio. Trabalhando como intérprete de língua de sinais (Libras) no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Paulista (Unip), de Campinas, há 3 anos, a pedagoga Vanessa Martins alerta, a partir da sua experiência com alunos surdos que, muitas vezes, a inclusão desses estudantes apenas mascara uma forma mais sutil e discreta de exclusão. A acessibilidade dos alunos surdos ao ensino superior é garantida por lei, desde 1999 – as universidades são obrigadas a contratar intérpretes de Libras para estudantes surdos. A despeito do intérprete presente na sala de aula, a presença desses alunos (e dos próprios intérpretes) continua invisível para alunos e professores. “A língua de sinais tem uma gramática diferente do português. E muitos surdos foram alfabetizados em Libras. A língua portuguesa é sua se-

gunda língua. Muitos professores não reconhecem essa diferença durante a aula e na hora de avaliar seus alunos surdos, quando exigem uma prova escrita em português, por exemplo”, lembra.

Vanessa conta um episódio em que, na apresentação de um seminário, um aluno, com o consentimento do professor, apagou as luzes da sala, ignorando completamente seu colega surdo e a intérprete. “Como, após tantos meses de contato, esqueceram que minhas mãos precisavam das luzes para dialogar com o aluno surdo? Por que o professor aceitou passivamente a situação; será que ele também esqueceu?”

Para a pedagoga, alunos surdos e não-surdos devem compartilhar a mesma sala de aula. Mas não se pode ignorar que usam uma língua distinta, o que traz uma série de implicações para o seu aprendizado. “O intérprete de sinais, por exemplo, interfere no conhecimento que está sendo transmitido para o aluno. Interpretar não é um ato mecânico e, por isso, a interação entre o professor, o intérprete e o aluno é muito importante. Trata-se de uma questão pedagógica e não meramente técnica”. Porém, enquanto a dinâmica escolar não for alterada e a aula continuar a ser pensada para quem ouve e fala, os surdos, embora presentes na sala, continuarão a ser tratados como invisíveis.



Carolina Cantarino



Reprodução

Motoboys: informalidade do trabalho

INVISIBILIDADE SOCIAL DOS TRABALHADORES

Os novos paradigmas existentes no mundo do trabalho de hoje instauraram, como principal característica, o termo “trabalho invisível”, que passou a ser recorrente para caracterizar tipos de ocupação, em geral com baixa qualificação, com pouco ou nenhum vínculo empregatício, em sua grande maioria temporário e que se encontra fora dos sistemas de proteção social. Esse tipo de ocupação, muito presente na informalidade, gera uma invisibilidade social pois não existem vínculos nem com o Estado nem com as instituições civis.

Para Leonardo Mello e Silva, sociólogo da Universidade de São Paulo (USP) e membro do Centro de Estudos dos Direitos da Cidadania, tal fenômeno possui diversas causas e varia de acordo com os diferentes contextos em que estão inseridos. “No Brasil, os trabalhos de baixa qualificação são mal vistos, principalmente o trabalho manual, e a invisibilidade atinge de forma mais intensa esse tipo ocupação”, diz. Silva considera que a própria herança escravocrata do país remete a isso, uma vez que o trabalho pesado era uma atividade associada aos escravos. O fato de as leis trabalhistas terem sido implantadas no país tardiamente (1942) evidencia como o trabalho era considerado uma atividade mal vista, acrescenta.

CONTEMPORÂNEO As formas de organização da produção capitalista trouxeram grandes transformações no mundo do trabalho. Para a historiadora da USP, Zilda Márcia Gricoli Iokoi, os países tornaram-se dependentes de um sistema transnacional, de modo que o capital vai para os lugares com condições que lhe sejam mais favoráveis. Assim, os lugares onde a mão-de-obra é mais

barata são os preferidos das grandes empresas. Essa lógica de produção gera trabalhos altamente qualificados ligados à produção tecnológica, assim como ocupações semelhantes à era pré-taylorista. “Nesses casos, a renda é associada diretamente à produção, ou seja, o trabalhador ganha o equivalente ao que produz; os direitos trabalhistas praticamente deixam de existir”, acrescenta.

O caso de mexicanos que entram ilegalmente nos Estados Unidos para tentar uma vida melhor são os melhores exemplos dos tipos de trabalho invisível da era pré-taylorista. Como são ilegais e precisam fugir do departamento de imigração, esses trabalhadores aceitam qualquer tipo de trabalho por remunerações baixas, sem qualquer vínculo ou direito.

No Brasil, uma situação parecida, ainda que em escala bem menor, é vivida atualmente pelos bolivianos, que são recrutados para trabalharem em oficinas de costura na cidade de São Paulo (o bairro Bom Retiro é o lugar onde concentra o maior número) em condições precárias.

“Muitos trabalham sem remuneração e são obrigados a permanecer no local até pagar os custos de viagem,



dormem em instalações inadequadas, são mal alimentados e há até casos de crianças recém-nascidas que são retiradas dos pais”, diz Zilda Iokoi. Como essas pessoas entram de forma ilegal no país, muitas têm medo de procurar ajuda e preferem se tornarem invisíveis para o sistema. Estima-se que haja 70 mil bolivianos vivendo em São Paulo, a maioria de forma ilegal, e o custo médio da viagem até o Brasil é de US\$ 160, valor a ser descontado do salário. Recentemente os governos dos dois países fecharam um acordo bilateral para tentar minimizar o problema: estabeleceu-se que todo boliviano (menos os que possuem antecedentes criminais) que chegou ao Brasil até 15 de agosto de 2005, pode pedir sua documentação e permanecer de forma legalizada.

FORA DA ORDEM Para a socióloga da USP, Vera da Silva Telles, as referências utilizadas para observar o mundo do trabalho precisam se alterar para acompanhar as transformações sociais. “Tradicionalmente se classifica o trabalho nas categorias formal e informal e isso não é mais suficiente

para entender a realidade”, diz. Telles acompanhou o percurso de diversos jovens da periferia de São Paulo e percebeu uma trajetória descontínua no mercado de trabalho. “O trabalho temporário se prolifera através das agências de emprego conectadas a empresas terceirizadas de prestação de serviços, e é por aí que os jovens fazem seus percursos, sempre instáveis no mercado de trabalho”, explica. Nesse sentido, as experiências de trabalho e não trabalho se confundem e essas pessoas fogem das classificações tradicionais.

Telles cita o exemplo dos motoboys que estão no meio do caminho entre o trabalho formal e a informalidade, permeado por uma brutalidade imposta pela competitividade (muitos motoboys recebem de acordo com a quantidade de entregas que faz). A socióloga lembra também dos perueiros, que oscilam entre a legalidade e ilegalidade, assim como os camelôs e outros trabalhadores. “Esse novo tipo de ocupação foge às representações políticas, sindicais e sociais. De certa forma, são invisíveis”, completa.

Cauê Nunes



Maria Batista/Nurim/Ufma

Moças da festa do Moqueado

SAÚDE INDÍGENA

Vulnerabilidade coloca em risco índios no Maranhão

Nos últimos meses, os índios Guajajara, da terra Araribóia, ganharam espaço nas revistas e jornais de todo o país devido aos protestos por mudanças nas políticas de saúde indígena e contra os desmatamentos de áreas florestais em suas terras. Para István van Deursen Varga, coordenador do mestrado em saúde e ambiente do Departamento de Sociologia e Antropologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), tais ocorrências estão intrinsecamente relacionadas. Essas comunidades têm permitido a ação das madeireiras por se encontrarem em situação vulnerável, com acesso precário às políticas e serviços indigenistas e de atenção à saúde. “A saúde é uma moeda forte, usada para seduzir e pressionar os povos indíge-



Fotos: Maria Batista/UnimUFPA

As moças festejadas na aldeia Guajajara; Festa do Moqueado, na aldeia Tiririca (centro); anúncio presente na região dos Araribóias

nas a reduzir seus territórios e permitir a devastação. A chegada dos madeireiros e carvoeiros traz dinheiro, água, estradas etc, ou seja, eles suprem demandas não atendidas pelo Estado”, avalia Varga.

Os Guajajara vivem em terras situadas na margem oriental da floresta amazônica, no Maranhão. Somente a terra indígena Araribóia, que fica no centro do estado, tem cerca de 9 mil índios. A situação atualmente é mais complicada para os Guajajara que habitam a região norte de Araribóia, cujas matas estão mais preservadas, porque esses índios resistiram à entrada dos exploradores de madeira na década de 1990. “Esses índios não têm tido acesso a políticas, programas e serviços de educação e saúde e, como têm menor grau de escolaridade, apresentam menos condições de acompanhar, apreender e de interferir na condução das políticas e serviços públicos a eles voltados”, analisa Varga. Já muitos dos Guajajara da região sul, que cederam a pressões e ofertas da frente madeireira nas déca-

das de 1980-90, em sua maioria vivem nas cidades, têm maior grau de escolaridade e atuação política mais consistente junto às instituições responsáveis pelo atendimento de saúde indígena. A venda das madeiras permitiu a várias famílias Guajajara alcançar condições socioeconômicas mais favoráveis. Esses dados foram obtidos a partir de investigações epidemiológicas, que buscavam mapear os casos de aids entre os Guajajara que vivem nas cidades.

RISCO DE EXTINÇÃO Além dos Guajajara, vivem em meio às matas da terra indígena Araribóia os Guajá, que se autodenominam Awá, e são, atualmente, os grupos indígenas mais afetados pela devastação. Como são estritamente caçadores e coletores, esses índios dependem inteiramente da floresta, onde perambulam em pequenos grupos. O avanço das motosserras sobre suas terras tem provocado drásticas alterações nos modos de vida e organização, incluindo mortes já relatadas

e documentadas. Recentemente, organizou-se uma campanha nacional e internacional para evitar a extinção dos Awá, chamando atenção dos governos estaduais e federal, e da sociedade civil, para a situação de vulnerabilidade desses povos. A ONG inglesa Survival Internacional, que atua na defesa dos direitos dos povos indígenas em todo o mundo, participa da campanha. István Varga lista alguns dos problemas que considera os responsáveis pela precariedade do atendimento à saúde dos povos indígenas no Maranhão: a terceirização dos serviços de saúde; a atual configuração dos Distritos de Saúde Indígena; e a discrepância entre as estimativas da população indígena feitas pelo IBGE e pela Funai/Funasa, que se reflete na organização das políticas públicas de saúde.

ATENDIMENTO PRECÁRIO A terceirização da saúde, embora tenha funcionado em outros estados, não funciona bem no Maranhão, devido à falta



Em meio às matas dos Araribóia, vive outro grupo indígena, os Awás



Foto: ONG Survival International

de experiência e organizações dos povos indígenas na área. O resultado, explica Varga, é que a responsabilidade pela saúde indígena foi assumida por organizações pouco sólidas e pelas próprias prefeituras que, historicamente, têm conflitos com os indígenas maranhenses.

Outro problema apontado pelo pesquisador, que foi consultor da Funasa em 1993, é a territorialização pouco consistente. Na época em que foram criados os Distritos Sanitários Especiais Indígenas (Dseis), sob responsabilidade da Funasa, solicitou-se cinco Distritos para o Maranhão. Entretanto, foi criado um único Distrito para todo o estado, que se situa na ilha de São Luís, a mais de 400 quilômetros da aldeia mais próxima, com o objetivo de atender 27 mil índios. “O resultado é que o atendimento hoje, em várias comunidades, chega a ser ainda pior, apesar de maior quantidade de recursos disponíveis, do que era na época da Funai, que tem quatro sedes no Estado”, lamenta o pesquisador.

DISCREPÂNCIA DE DADOS Para se ter uma idéia, no estado de São Paulo, o censo do IBGE de 2000 estimava a existência de 63,7 mil índios, enquanto a Funai/Funasa trabalhava com a estimativa de 3 mil índios, de acordo com Varga. Essa discrepância deve-se às diferentes metodologias usadas para realizar esse levantamento: enquanto o IBGE utiliza a auto-identificação como critério para definir raça e etnia dos entrevistados, as entidades de atendimento aos indígenas trabalham com a hetero-classificação, excluindo, por exemplo, os povos indígenas que vivem em ambiente urbano e não em aldeias. A hetero-classificação lida com as bastante discutíveis definições, tais como: o que é ser índio? O que se pode ser considerado uma aldeia? Existem povos, por exemplo, que não reconhecem a tutela dos postos indígenas da Funai e, em virtude disso, passam também a não fazer parte das contas dessa instituição.

Susana Dias

MAL DE PARKINSON

Teste do olfato auxilia no diagnóstico precoce da síndrome

Muito além de sentir perfumes e odores, o olfato pode ajudar, também, no diagnóstico precoce de algumas doenças neurodegenerativas, como a doença de Parkinson. É o que afirma o primeiro artigo conclusivo sobre o assunto no país, que será publicado em setembro na revista *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, da Academia Brasileira de Neurologia, assinado pelos pesquisadores Maura Aparecida Viana e Elizabeth Maria Barasnevicius Quagliato, da Faculdade de Ciências Médicas (FCM), da Unicamp, Samuel Simis, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC), e Lucas Barasnevicius Quagliato, da PUC – campus Sorocaba. Aplicando um teste específico – e bastante simples – para a identificação de cheiros, os pesquisadores, que tiveram apoio do CNPq, constataram que 80% dos pacientes, com o mal de Parkinson e participantes do experimento, apresentaram dificuldades em reconhecer



Reprodução

cebola) apresentados sob a forma de pequenas tiras (que abrigam agrupamentos de microcápsulas de uréia-formaldeído com 10 a 50 micrômetros). Distribuídas ao pé de 12 páginas, que se constituem como um pequeno livro, elas devem ser raspadas e cheiradas pelo paciente que, dentre 4 opções, assinala aquela que corresponde ao cheiro que sentiu.

respostas no grupo de controle foi 9, em cada 12 cheiros. Já a média de acertos dos parkinsonianos ficou em 5,7, com uma pontuação ainda menor entre as pessoas mais idosas.

“A perda do olfato é, em certa medida, uma das conseqüências esperadas do envelhecimento. Porém, nos portadores da doença de Parkinson, ela é mais acentuada e ocorre, em média, 7 anos antes do início dos sintomas motores”, explica uma das autoras do artigo, a médica Elizabeth Quagliato. “Na doença de Parkinson, há o comprometimento do bulbo olfatório, que ocorre antes mesmo da perda neuronal da substância negra (composta de neurônios com dopamina), afetando o olfato e, secundariamente, o paladar da pessoa que, até então, não apresenta nenhum outro sintoma motor”, completa. Embora o teste tenha demonstrado alta prevalência de distúrbios olfativos entre os pacientes parkinsonianos, apenas 28% dos pacientes pesquisados relataram queixas nesse sentido. Como os exames clínicos raramente avaliam tais aspectos, os pesquisadores salientam riscos que os pacientes correm, por ingerirem alimentos exageradamente salgados ou

odores, ou mesmo anulação dessa capacidade. O resultado indica que o comprometimento do olfato, e, conseqüentemente, do paladar, é um indicativo importante para o diagnóstico precoce da doença, numa fase em que os sintomas motores típicos (como tremores, rigidez e lentidão na execução dos movimentos) ainda não se manifestaram.

TESTE Desenvolvido pela Universidade da Pensilvânia e conhecido pela sigla TICUP, o teste consiste em uma série de 12 odores diferentes (canela, aguarrás, limão, fumaça, chocolate, rosa, solvente de tinta, banana, abacaxi, gasolina, sabonete,

ADAPTAÇÃO AO BRASIL No experimento brasileiro, os pacientes foram orientados para que, mesmo que não sentissem qualquer cheiro, assinalassem alguma resposta. Um dos cheiros, o aguarrás, solvente muito usado na limpeza das casas nos Estados Unidos, não é familiar aos brasileiros e deverá ser substituído em estudos posteriores. Para a realização dos testes, foram escolhidos 50 pacientes com Parkinson, com idades entre 40 e 80 anos, e 76 pessoas sadias (que configuram o grupo de controle para a fixação de parâmetros normais), de 40 a 79 anos. A média de acertos das



doces, deteriorados, e à inalação de substâncias tóxicas sem a devida percepção.

No artigo, os pesquisadores apontam o teste do olfato como uma possível estratégia – simples e de baixo custo – para o diagnóstico precoce da doença de Parkinson, embora ainda não existam meios para se retardar ou impedir a progressão da doença. O olfato perdido não se recompõe com a medicação.

O MAL DE PARKINSON A progressão da doença de Parkinson foi descrita, pela primeira vez, pelo médico alemão Heiko Braak. Após afetar o bulbo olfatório e o nervo vago, o processo degenerativo acomete a substância negra, onde 60 a 70% dos neurônios têm de estar mortos para que os sintomas motores se manifestem. A identificação precoce do mal, através do teste do olfato, associado à avaliação de outros sinais sutis, como alterações da escrita, fala, depressão, redução do balanço dos braços durante a marcha, é crucial para, futuramente, instaurar uma terapia protetora precoce, melhorando a qualidade de vida dos pacientes e de suas famílias, enquanto a busca pela cura definitiva continua.

Carolina Toneloto



Daniel De Granville

Observadores de aves às margens do rio Miranda, região do Passo do Lontra (MS)

GUIAS DE CAMPO

Diversas publicações se dedicam a orientar turistas na observação da natureza

No fundo do rio, um dourado ziguezagueia tranquilo. De seu ninho, a coruja buraqueira abre as asas para alçar vôo. Nem o peixe nem a ave sabem, mas por trás das lentes dos óculos de mergulho ou do binóculo, eles estão sendo observados. No Brasil, o aumento do interesse pelo contato com a natureza fez surgir um novo filão no mercado do ecoturismo: os guias turísticos, ou guias de campo, publicações que orientam a observação da fauna, da flora e dos variados ecossistemas. O guia de campo contém, em linguagem simples e acessível, uma série de

informações sobre uma região específica, como o Cerrado ou a Amazônia, com dados sobre as principais paisagens e as espécies da fauna e da flora que ali são encontradas. Pode também orientar a observação de animais e plantas, reunindo informações sobre a área de ocorrência da espécie, suas características físicas e outros dados que ajudem em sua identificação. Segundo o biólogo José Sabino, da Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (Uniderp), o guia de campo deve ser didático e prá-

tico de usar. Sabino coordena o projeto “Peixes de Bonito”, que, entre outras coisas, produziu um guia para observação de peixes de água doce, que contém dados sobre as 24 principais espécies, das cerca de 90 já identificadas nos rios do Planalto da Bodoquena – região onde se localiza a cidade de Bonito, no sudoeste do Mato Grosso do Sul. A novidade é que foi impresso em folha de papel plastificada e pode ser levado pelo turista para baixo d’água. “Já existem guias como este usados nos mergulhos submarinos, mas para água doce é o primeiro”, destaca o biólogo. Os rios do Planalto da Bodoquena são privilegiados por suas águas transparentes e “funcionam como uma janela para a vida subaquática”. Sabino destaca a riqueza da biodiversidade brasileira: o país tem o maior número de espécies de peixes de água doce do mundo, uma estimativa que varia de 4 a 5 mil espécies. Embora a maioria delas viva em

águas turvas, os peixes da região de Bonito podem ser facilmente observados por conta das águas cristalinas.

Além do papel informativo, esse tipo de guia de campo se presta à educação ambiental, com informações sobre a região e orientações de roteiro para diminuir o impacto ambiental da visitação pública. O biólogo acredita que a função do guia é também a de sensibilizar cidadãos urbanos em relação às paisagens naturais. “Em geral, o rio é visto como um lugar de onde se tira água e se devolve esgoto”, explica. Uma visão que precisa ser mudada.

O projeto possui um braço na universidade. Perto de 30 pesquisadores estudam a ecologia da região, o comportamento dos animais e pretendem descrever as 20% de espécies de peixes que ainda não foram identificadas. O livro *Guia de peixes da serra da Bodoquena*, uma publicação maior que acompanha o guia subaquático, terá

informações mais detalhadas sobre todas as espécies de peixes conhecidas da região.

DA ÁGUA AO AR Enquanto alguns mergulham em busca de belezas submersas, outros mantêm os pés firmes no chão, mas a cabeça voltada para o céu. “O observador de aves é um fanático, seu mundo é totalmente diferente do resto”, diz a bióloga e doutora em ecologia, Martha Argel, 30 anos de trabalho com aves. Argel é uma das coordenadoras de uma parceria internacional que visa fazer um guia de observação de aves que corrija os muitos problemas dos atuais. Segundo ela, os guias brasileiros apresentam problemas de informação, tamanho, e nas ilustrações.

No entanto, fazer uma publicação completa para observação de aves esbarra na quantidade de espécies de aves existentes no território nacional: “são



Luciano Cardiani



Daniel De Granville

Dourado: um dos principais peixes de escamas da região; Mutum-de-penacho: ave terrestre que habita as matas do Brasil central



mais de 1880 e se forem reunidas em um único guia, o livro ficaria enorme. E um guia de 3 quilos não é um guia”, diz Martha. Por isso, o guia será dividido em seis volumes, cada um tratando de uma região específica do país. O primeiro vai conter as aves do Cerrado e do Pantanal e sua publicação está prevista para janeiro de 2008.

O guia será bilíngue (português/inglês) e a meta é que “o Brasil integre o circuito internacional de observação de aves, devido à diversidade da fauna local”. Outro objetivo é difundir a cultura de observação de aves no país, criando uma fonte de referência para estudiosos e de capacitação para os guias especializados, acrescenta a ecologista.

Para o fotógrafo de natureza Daniel De Granville, a educação dos guias de turismo a partir do guia impresso é fundamental para fomentar a prática turística. “O guia de campo incrementa com informações técnicas o conhecimento empírico dessas pessoas”, explica. O fotógrafo é um dos idealizadores do *Guia de campo de Bonito*, uma publicação que reúne as principais espécies da fauna e da flora da cidade turística sul-mato-grossense. Granville lembra que a diferença entre o turismo de contemplação e o de interação traz distinções também aos guias de campo. Em Bonito, os turistas buscam mais a adrenalina dos esportes de ação do que a observação da natureza.

AVES URBANAS De acordo com a bióloga e consultora em ecoturismo, Ma-



Daniel De Granville

João-de-barro (*Furnarius rufus*) construindo seu ninho

ria Antonietta Pivatto, em outros países é comum o uso de guias dos mais variados temas (aves, flores, cogumelos, mamíferos, rochas, conchas, etc). “Aqui, ainda é artigo raro e depende de iniciativas isoladas”, diz a consultora, que participou da elaboração do *Guia de campo de Bonito*. Ela reconhece, no entanto, que há um crescente aumento na oferta e cita publicações como *Aves da Grande São Paulo*, *Aves do Parque Ibirapuera*, *Frutas do Cerrado* e *Plantas do Pantanal*, entre outras.

Na opinião de Martha Argel, o hábito de buscar informações em guias de observação da natureza ainda não é difundida no país. Em sua área, ela destaca um deles – o *Aves da Grande São*

Paulo – que permite às pessoas observarem as aves sem sair da cidade. “A maior parte das visitas ocorre nos parques nacionais do Iguaçu e da Tijuca. Nos outros a visitação é muito pequena”, acrescenta. Apenas 1,5% dos brasileiros freqüenta os parques, segundo a tese de mestrado da geógrafa Andréa Zimmermann, defendida na Universidade de Brasília (Unb). Para Martha, um guia que identifique quais são as aves existentes na própria cidade, no caminho da casa para o trabalho, por exemplo, pode estimular as pessoas a repararem mais a beleza a seu redor e fazer com que seu interesse expanda para paisagens mais distante.

Murilo Alves Pereira



Atobá
de patas
azuis

EXPOSIÇÃO

Darwin: vida e teoria da evolução no MASP

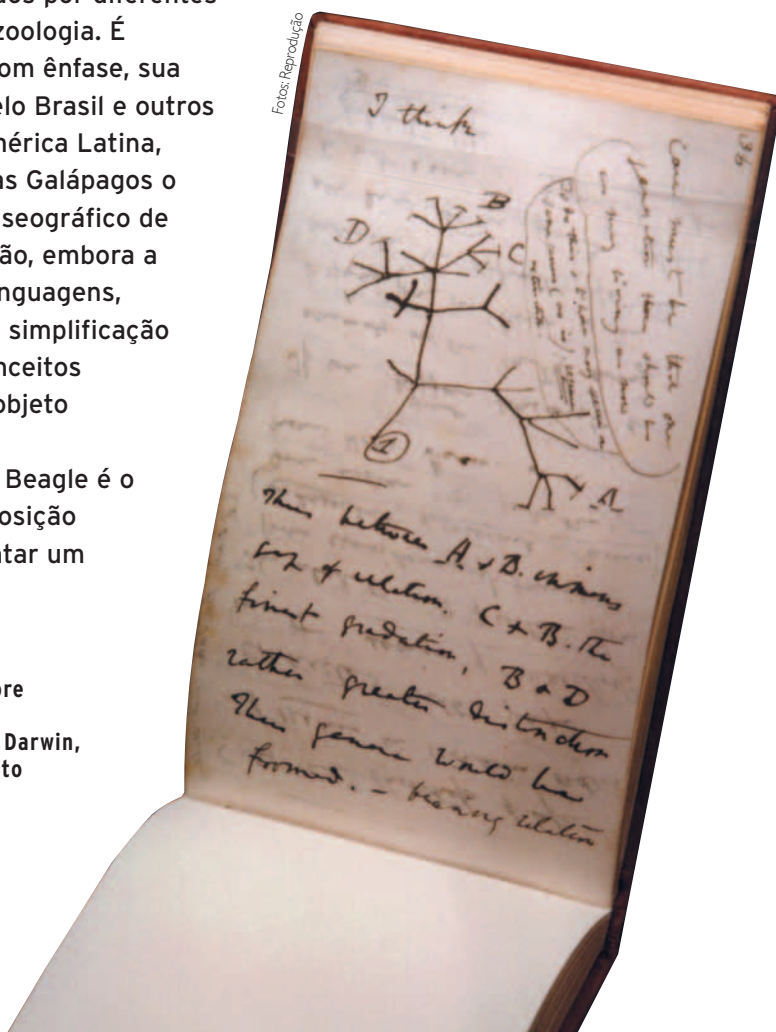
Os pisos inferiores do Museu de Arte de São Paulo (MASP) ganharam ares das galerias típicas de museus de história natural, com bichos vivos ou empalhados, e imagens de seres dos mais diversos períodos históricos. Com a exposição Darwin, também foram arrastados para o museu de arte os estilos museográficos presentes nas instituições de história natural e de ciências e seu forte apelo à realidade visível, concretizada num conjunto de diferentes artefatos. A frase escrita por Charles Darwin – “A viagem do Beagle foi de longe o acontecimento mais importante da minha vida e determinou toda

minha carreira” – reproduzida em um dos painéis por onde o visitante adentra a exposição, pode ser um dos fios que tecem a experiência da visita. Entre “treinamento da verdade” ou “a educação da mente”, também palavras de Darwin, o trabalho desenvolvido nos cinco anos que durou a viagem de volta ao mundo com o navio Beagle é apresentado detalhadamente em vários painéis – com imagens e textos – e em instalações com réplicas de fósseis e animais vivos ou conservados por diferentes técnicas da zoologia. É registrada, com ênfase, sua passagem pelo Brasil e outros países da América Latina, sendo as Ilhas Galápagos o destaque museográfico de toda exposição, embora a mistura de linguagens, artefatos e a simplificação de vários conceitos possam ser objeto de críticas.

A viagem do Beagle é o ícone na exposição para apresentar um

Darwin antes e depois, e uma conseqüente história natural antes e depois de Darwin. Este ícone poderia ser fortemente associado a representações da natureza que os viajantes naturalistas fizeram circular, com seus registros escritos e imagéticos e com as coletas de material botânico e zoológico, acervo de vários museus da Europa. Entretanto, a Darwin é feita a distinção de criar uma nova teoria, a partir de observação meticulosa e extrema habilidade de raciocínio. E isso

Esboço de árvore genealógica, desenhado por Darwin, que está exposto no Masp



Fotos: Reprodução



requer que a viagem – símbolo de imersão num mundo fabuloso e inacreditável para uma Europa do século XIX – faça potencializar as características de um homem da ciência, que Darwin tinha desde pequeno. Assim, passear por entre os painéis da exposição é encontrar, intercaladamente, informações sobre a história da vida de Darwin, também em um antes e depois.

NAS TEIAS DA EVOLUÇÃO Considerar o tempo como uma categoria essencial para o pensamento sobre a evolução das espécies, torna-se, para a exposição, bastante oportuno para se posicionar frente à relação entre criacionismo e evolucionismo, e ao papel das teorias moleculares gênicas na síntese ou unificação do pensamento evolutivo apresentado por Darwin. Essa temporalidade, que é subjacente à exposição, indica rupturas, tensões que se criaram e a força da teoria da evolução como pensamento dentro da biologia. É, também, o efeito pedagógico mais poderoso que a exposição quer efetuar nos visitantes, uma vez que após Darwin nossas identidades como humanos estão, inevitavelmente, nas teias da evolução biológica.

Antônio Carlos Amorim



SERVIÇO A mostra é gratuita / Site para informações www.esalq.usp.br.
Site do Museu de Ciências da USP www.museudeciencias.usp.br



Fotos divulgação

MULTIDISCIPLINAR

Mostra itinerante reforça a importância da água para o planeta

Com potencial privilegiado de multidisciplinaridade que tem o tema, a exposição “Água: uma viagem no mundo do conhecimento” chega à sua sexta etapa no Museu e Centro de Ciências, Educação e Artes, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP/Esalq) de Piracicaba, onde fica até agosto. De lá, segue para o campus de Bauru e, em seguida, para Araraquara, a convite da prefeitura local, todas paragens do interior paulista. Para a curadora da mostra e diretora do Museu de Ciências da USP, Elisabete de Santis Braga da Graça Saraiva, como a ONU declarou a década de 2005-2015 dedicada à questão da água, essa é a oportunidade de ampliar a reflexão sobre o assunto. A ex-

posição não ficará restrita a unidades da USP, mas também será levada para outros espaços comunitários, diz Elisabete. Uma das características é que o trabalho teve a colaboração de diferentes unidades da USP, a partir de material gerado por várias linhas de pesquisa e pelas experiências acadêmicas da universidade. “Procuramos organizar a mostra com todas as áreas do conhecimento”. Para melhor compreensão do público, foram usados objetos, infográficos e recursos multimídia para explicar, em cinco grandes blocos, desde a origem da água no planeta, sua importância ao longo do desenvolvimento das civilizações e suas possíveis formas de manejo e recuperação. O tema é abordado a partir de problemas como o aumento da população, uso indiscriminado, escassez e alterações na qualidade, destacando as tecnologias de recuperação e as pesquisas desenvolvidas na USP relacionadas à água.

Livia Botin

SEM PRECONCEITO

Escolas inglesas mostram modelos familiares alternativos

Esqueça o conto de fadas tradicional. A rainha desse reino distante que busca uma esposa para seu filho, o príncipe, não o satisfaz com suas escolhas. Quem conquista seu coração é outro jovem príncipe, com quem se casa e vive feliz para sempre. Desde setembro de 2006, são histórias como essas que crianças de 14 escolas inglesas têm lido. O projeto *No outsiders* foi criado por pesquisadores das universidades de Sunderland, Exeter e o Instituto de Educação da Universidade de Londres com o objetivo de ensinar diversidade sexual e estruturas familiares alternativas na escola. Se tiver sucesso, se estenderá a todas as escolas do país.

Nesse projeto o governo britânico investiu cerca de R\$ 2,4 milhões. Trata-se da primeira tentativa de introduzir livros com a temática da diversidade sexual no currículo escolar, em larga escala. Em outra publicação da lista recomendada para as escolas do projeto, intitulado *Spacegirl pukes*, uma garota prestes a viajar numa viagem espacial fica doente. Quem cuida dela são duas mães. No *And Tango makes three*, dois pinguins machos vivem no zoológico de Nova

York; ao perceber que eles estão apaixonados, o cuidador dos animais dá um ovo. Assim nasce o primeiro pinguim do zoológico com dois pais. A mensagem é sutil, mas clara: dois homens juntos podem ser pais.

“O mais importante nesses livros é refletir a realidade das crianças”, explica a especialista em literatura infantil e diretora do *No outsiders*, Elisabeth Atkinson, em entrevista para o jornal inglês *The Observer*. Segundo ela, histórias infantis são uma arma poderosa para formular valores sociais e promover o desenvolvimento emocional das crianças. “O que os livros não dizem também é relevante. Ao deixar de falar de relacionamentos homossexuais nos livros infantis, estamos si-

lenciando uma mensagem social. Mais tarde jovens gays ou percebidos como homossexuais poderão ser vítima de provocação na escola, situação conhecida como *bullying*”, acredita.

DOIS PRÍNCIPES. POR QUE NÃO? Membros do grupo Christian Voice, em contrapartida, acreditam que esse tipo de literatura é perigosa para as crianças. Para eles o projeto promove a homossexualidade. Alguns pais questionam também se seus filhos tem maturidade para lidar com essas histórias. O projeto atinge crianças com idade entre 4 e 11 anos. “Não me incomodo com o que os adultos fazem em consenso mútuo, mas não tenho certeza que isso deva ser imposto



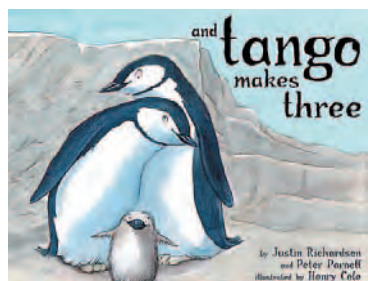
Projeto “No outsiders” está em implantação em 14 escolas na Inglaterra



Notícias do Mundo

às crianças”, disse Andy Hebbard, fundador do grupo Organização de Pais, para a revista alemã *Der Spiegel*. Mark Jennett, responsável pelo treinamento dos professores, explica que tanto a estória dos dois príncipes como a da Cinderela não tratam de sexo, mas são estórias de amor. “A dificuldade em lidar com estes temas não está nos alunos, mas nos pais”, diz. Segundo os pesquisadores do projeto, os livros têm sido bem recebidos pelos professores participantes. Em seus depoimentos no site <http://www.nooutsiders.sunderland.ac.uk/> consideram positivo retratar diferentes tipos de família. Crianças nessa faixa etária são menos preconceituosas, aceitam melhor a diferença, o que torna este o momento ideal para mostrar diferentes estilos de vida, visões e atitudes. Para Jennett, o projeto quer formar professores aptos a lidar com crianças que usem a palavra gay num sentido negativo. O projeto deve terminar em 2008, e os resultados publicados em livro e documentário.

Patrícia Mariuzzo



MÍDIA

Pesquisa ibero-americana mede a percepção pública de C&T

Dois mitos sobre a ciência e tecnologia (C&T) na América Latina predominam no imaginário coletivo. Um diz que há baixa divulgação científica na região; e outro que inexistente o interesse do público em assuntos ligados à ciência. “Mitos”- considera o sociólogo da ciência Yuri Castelfranchi, do Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo Científico (Labjor), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Foi ele quem mediou a sessão sobre percepção pública da ciência nos países da América Latina, Espanha e Portugal, durante o VII Congresso Ibero-americano de Indicadores de Ciência e Tecnologia, em maio, na capital paulista. No congresso estiveram pesquisadores da Rede Ibero-americana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (Ricyt, na sigla em espanhol) que visa promover a cooperação científica entre os países.

As medições no Brasil mostram que cerca de 5-7% do espaço diário dos grandes jornais é ocupado por temas científicos.

“Se considerar que os países desenvolvidos gastam 2 a 3% do PIB em C&T, os 5% dos jornais é um valor significativo”, compara. Há notícias sobre ciência e tecnologia todos os dias e elas não se restringem às editoriais de ciência, mas permeiam nos demais cadernos dos jornais diários.

Na Argentina, a ciência também está presente nos grandes jornais diários. De acordo com Carmelo Polino, da Ricyt na Argentina, mais de 60% das notícias de divulgação científica dos jornais de seu país se referem a pesquisas nacionais. “Embora haja diferença entre *Clarín* e *La Nación*, a média tende a privilegiar os trabalhos feitos na própria Argentina”, diz Polino.

PESQUISA DO MCT Os debates sobre o tema ganham espaços não somente na mídia, como em outras arenas como a legislativa, na discussão de projetos na Câmara dos Deputados. Como consequência desse movimento, os resultados das pesquisas de percepção pública sobre os avanços da ciência já começam a animar. Uma enquete do Ministério da Ciência e Tecnologia, cujos resultados foram apresentados um mês antes dessa reunião, sobre o que o brasileiro pensa de C&T, foi coordenada por Ildeu de Castro Moreira, do MCT, e Luísa



Massarani, do Museu da Vida, da Fundação Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz). Um conjunto de pesquisadores de vários países ajudaram na formulação do questionário. Nos quesitos sobre otimismo e interesse, o brasileiro se destaca. É um dos povos que mais se declara consciente do papel da ciência no desenvolvimento do país e se interessa pelo tema. Se 47% têm interesse por esportes, 41% querem saber mais sobre C&T. Castelfranchi acrescenta que, apesar de interessada, a maioria da população ainda é pouco informada sobre assuntos científicos, não conhece instituições de pesquisa do país e, especialmente nas classes mais populares, quase não tem chance de acesso à informação científica. Porém, nota-se que “independentemente das perguntas, não há grande hostilidade pela ciência, como querem nos fazer acreditar os mitos”, reforça o pesquisador. Durante o encontro dos especialistas do Ricyt, além do Brasil, Espanha, Argentina e Venezuela apresentaram os resultados de suas pesquisas. A intenção é confrontar os diferentes modelos praticados e buscar uma metodologia comum, com pelo menos 20 perguntas que constariam no questionário de todos os países iberoamericanos. Em setembro, o

grupo se reúne em Buenos Aires e, em fevereiro de 2008, em Madri, quando se deverá propor a criação de um manual para fazer esse levantamento.

O PAPEL DA IMPRENSA Para Castelfranchi, a cultura de cada país determina o grau de confiança na divulgação científica feita pela imprensa. No caso do Brasil, os jornalistas encabeçam a lista de fontes mais confiáveis sobre os grandes temas. Já na Europa, os consumidores de informação são mais céticos em relação ao papel da imprensa na divulgação científica. “Os europeus culpam os jornalistas pela pouca e má informação sobre ciência e tecnologia”, diz. Segundo o levantamento da Fundação Espanhola para a Ciência e a Tecnologia, apresentado por Gonzalo Remiro Rodenas, os espanhóis têm um baixo grau de confiança nos jornalistas (3,1 numa escala de 1 a 5), abaixo dos 4,3 dos médicos e 4,1 dos cientistas. Para eles também são insuficientes as informações sobre ciência e tecnologia em todos os meios de comunicação. Os entrevistados apontam especialmente os periódicos gratuitos, sendo a televisão a menos citada, “talvez pelo fato das pessoas não esperarem informações científicas nesse veículo”. Na Venezuela, a televisão tem o melhor desempenho na divulgação de C&T.

A maioria das pessoas (63%) adquire informação pelo meio eletrônico, a maior parte por canal a cabo.

SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS De modo geral o trabalho dos cientistas é visto com bons olhos pelos entrevistados nos países ibero-americanos. Na Europa, as pesquisas científicas recebem ressalva, mas quase a metade dos espanhóis acredita que os benefícios da C&T são maiores que os malefícios (apenas 7% pensam o contrário). A relação entre prestígio da profissão e a remuneração, no entanto, reduz o interesse em trabalhar na área: nos resultados contabilizados em pesquisa de 2006, 49% dos entrevistados acreditam que a profissão de cientista é atrativa para os jovens; na medição anterior, de 2003, esse valor era 59%.

Na Argentina ocorre praticamente a mesma situação. Uma maioria vê a produção de conhecimento científico como um trabalho gratificante, porém mal remunerado. Por isso, apenas 36,4% considera muito atrativo para os jovens. “Neste caso acaba pesando mais a remuneração da profissão”, salienta Polino. No Brasil, a visão otimista da população destoa dos outros povos: 74% acreditam nos resultados positivos da C&T.

Murilo Alves Pereira

GILVAN SAMPAIO
LUIS SALAZAR
IMA CÉLIA
GUIMARÃES VIEIRA
PETER MANN
DE TOLEDO
ARLETE ALMEIDA
FLÁVIO J. LUIZÃO
JULIA CLARINDA
PAIVA COHEN
JOSIVAN DA
CRUZ BELTRÃO
ADILSON
WAGNER GANDU
RENATO RAMOS
DA SILVA
FRANCIS WAGNER
SILVA CORREIA

COORDENADOR: **CARLOS A. NOBRE**

MUDA NÇAS CLIMA TIÇAS

ANTONIO
OCIMAR MANZI
LUIZ ANTONIO
CÂNDIDO
ROSA MARIA
NASCIMENTO
DOS SANTOS
THEOTONIO
PAULIQUEVIS
JULIO TOTA
PAULO RICARDO
TEIXEIRA DA SILVA
FLÉRIDA SEIXAS
MORENO DA SILVA
PAULO ARTAXO
PAULO HENRIQUE
OLIVEIRA
MELINA PAIXÃO

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AMAZÔNIA

Carlos A Nobre
Gilvan Sampaio
Luis Salazar

As influências do homem no equilíbrio natural do planeta atingiram magnitude sem precedentes. As mudanças climáticas antropogênicas estão associadas às atividades humanas com o aumento da emissão de gases de efeito estufa, de queimadas, com o desmatamento, a formação de ilhas urbanas de calor, etc. A Amazônia desempenha um papel importante no ciclo de carbono planetário, e pode ser considerada como uma região de grande risco do ponto de vista das influências das mudanças climáticas. Segundo Salati (2001), o atual equilíbrio dinâmico da atmosfera amazônica está sujeito a forças de transformação que levam às variações climáticas e podem ser estudadas sob três diferentes aspectos:

1. Variações climáticas na região podem ser devidas às variações climáticas globais, decorrentes de causas naturais. Essas mudanças estão relacionadas com variação da intensidade solar, variações da inclinação do eixo de rotação da Terra, variações da excentricidade da órbita terrestre, variações das atividades vulcânicas e variações da composição química da atmosfera, entre outras. Existem registros bem documentados sobre as oscilações climáticas na Amazônia ocorridas durante as glaciações e também de variações mais recentes da temperatura local. Os efeitos do El Niño, que é um fenômeno natural, podem estar incluídos dentro dessa categoria. O tempo de resposta às forças modificadoras pode ser em um período anual, de décadas e milênios. Não há muita coisa que a sociedade possa fazer contra essas tendências a não ser se preparar para minimizar seus efeitos quando houver possibilidade de previsões científicas, como é o caso específico das variações climáticas decorrentes do El Niño e La Niña.

2. Mudanças climáticas de origem antrópicas, decorrentes de alterações do uso da terra dentro da própria região amazônica. Tais alterações estão ligadas diretamente ao desmatamento de sistemas florestais para transformação em sistemas agrícolas e/ou pastagem, o que implica em transferência de carbono (na forma de dióxido de carbono) da biosfera pa-

ra a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, o qual por sua vez acaba atuando sobre a região amazônica. Evidências de estudos observacionais e estudos de modelagem (como por exemplo: Nobre et al., 1991; Betts et al., 1997, 2000; Chase et al., 2000; Zhao et al., 2001) demonstraram que mudanças na cobertura superficial podem ter um impacto significativo no clima regional e global. Evidências de trabalhos paleoclimáticos e de modelagem indicam que essas mudanças na vegetação, em alguns casos, podem ser equivalentes àquelas devidas ao aumento do CO₂ na atmosfera (Pitman and Zhao, 2000).

3. Variações climáticas decorrentes das mudanças climáticas globais provocadas por ações antrópicas. Se as tendências de crescimento das emissões se mantiverem, os modelos climáticos indicam que poderá ocorrer aquecimento até acima de 6°C em algumas regiões do globo até o final do século XXI. É provável que a temperatura média global durante o século XXI aumente entre 2,0°C a 4,5°C, com uma melhor estimativa de cerca de 3,0°C, e é muito improvável que seja inferior a 1,5°C. Valores substancialmente mais altos que 4,5°C não podem ser desconsiderados, mas a concordância dos modelos com as observações não é tão boa para esses valores (IPCC, 2007). Conclui-se que, mesmo no cenário de baixas emissões de gases do efeito estufa (cenário B1), as projeções dos diversos modelos do IPCC indicam aumento da temperatura, sobretudo no Hemisfério Norte.

Recentemente Ambrizzi et al. (2007), utilizando três modelos regionais que foram integrados numericamente para a América do Sul, a partir de dados iniciais obtidos do modelo climático global do Hadley Centre, concluíram que para o período 2071-2100, em relação ao período 1961-1990, o maior aquecimento ocorrerá na Amazônia com aquecimento entre 4-8°C para o cenário A2 de emissões de gases de efeito estufa e de 3-5°C para o cenário B2. Em relação à precipitação, o cenário B2 apresenta diminuição da precipitação no norte e em parte do leste da Amazônia, enquanto que o cenário A2 apresenta diminuição da precipitação no norte, leste e região central da Amazônia.

A partir do Relatório da Quarta Avaliação do IPCC (IPCC 2007), há maior certeza nas projeções dos padrões de aquecimento e de outras características de escala regional, inclusive das mudanças nos padrões do vento, precipitação e alguns aspectos dos eventos extremos e do gelo. A associação entre eventos extremos de tempo e clima observados e as mudanças do clima é recente. As projeções do IPCC (2007) indicam um maior número de dias quentes e ondas de calor em todas as regiões continentais, principalmente em regiões nas quais a umidade do solo vêm diminuindo. Há ainda projeções de aumento da temperatura mínima diária em todas as regiões continentais, principalmente onde houve retração de neve e de gelo. Além disso, dias com geadas e ondas de frio estão se tornando menos frequentes.

De acordo com o IPCC (2007), o aquecimento global pode levar a mudanças nos padrões de variabilidade de grande escala oceânica e atmosférica. Por exemplo, as projeções de diversos modelos indicam eventos El Niño-Oscilação Sul (Enso) mais intensos e há evidências observacionais que suportam essa projeção (Boer et al., 2004). O Enso está associado com algumas das mais pronunciadas variabilidades interanuais dos padrões climáticos em muitas partes do mundo.

AQUECIMENTO GLOBAL, VARIABILIDADE NATURAL E EL NIÑO As análises de diversos modelos climáticos globais indicam que com o aumento da temperatura global, devido ao aumento dos gases do efeito estufa, o clima do Pacífico tenderá a ficar parecido com uma situação de El Niño (Knutson and Manabe, 1995; Mitchell et al., 1995; Meehl and Washington, 1996; Timmermann et al., 1999; Boer et al., 2000). Entretanto, as razões para tal semelhança são variadas, e dependem da representação de processos físicos e parametrizações nos modelos (IPCC, 2007).

Para a Amazônia, estudos como Ropelewski and Halpert (1987, 1989), Marengo (1992, 2004), Uvo et al. (1998), Ronchail et al. (2002) e muitos outros identificaram que anomalias negativas de precipitação no centro, norte e leste da Amazônia são em geral associadas com eventos de El Niño-Oscilação Sul (Enso) e anomalias de TSM no Atlântico tropical. Esses estudos ressaltaram que algumas das maiores secas na Amazônia foram devidas a: 1. a ocorrência de intensos eventos de El Niño; 2. forte aquecimento das águas superficiais do Atlântico tropical norte durante o verão-outubro no Hemisfério Norte; ou 3. ambos (Marengo et al., 2007). A variabilidade das anomalias de TSM no Pacífico tropical é responsável por menos de 40% da variabilidade da precipitação na bacia amazônica (Marengo, 1992; Uvo et al., 1998; Marengo et al., 2007), o que sugere que os efeitos de outras fontes de variabilidade, tais como o gradiente meridional de TSM no Atlântico intertropical (que afeta principalmente a região norte e central da Amazônia), ou processos de superfície e grande frequência de transientes do Atlântico Sul (importante para o sul da Amazônia) podem ser também importantes na variabilidade inter-anual da precipitação na região (Marengo et al., 2003; Ronchail et al., 2002; Marengo et al., 2007).

MUDANÇAS DOS USOS DA TERRA E CLIMA Com respeito às modificações de temperatura para a Amazônia, segundo Nobre (2001), nota-se que a projeção de aumento de temperatura global segue a mesma tendência de aumento de temperatura à superfície devido ao desmatamento. As várias simulações dos efeitos climáticos da substituição da floresta por pastagens na Amazônia (por exemplo: Dickinson e Henderson-Sellers, 1988; Shukla et al., 1990; Lean e Warrilow, 1989; Nobre et al., 1991; Henderson-Sellers et

al., 1993; Manzi e Planton, 1996; Hahmann e Dickinson, 1997; Costa e Foley, 2000; Rocha, 2001; Werth e Avissar, 2002; Voldoire e Royer, 2004; Correia, 2005 e Sampaio et al., 2007) e as observações dos projetos Abracos (Gash et al., 1996; Gash and Nobre, 1997) e LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) indicam que há um aumento da temperatura entre 0,3°C e 3°C, redução da evapotranspiração entre 15% e 30% e os estudos numéricos indicam redução da precipitação entre 5% e 20% devido à mudança de vegetação de floresta para pastagem. Este aumento de temperatura é comparável àquele projetado para o cenário B1, mas bem inferior àquele previsto para o cenário A2 para o final do século XXI. Provavelmente os efeitos de aumento de temperatura induzidos pelas mudanças globais e aqueles advindos dos desmatamentos se somariam, aumentando o risco de incêndios florestais porque o secamento da vegetação na estação seca e sua flamabilidade são maiores com temperaturas mais altas. (Nepstad et al., 1999). Adicionalmente, Schneider et al. (2006) encontraram que o desflorestamento da Amazônia levaria a um aumento da variabilidade do Enso e um aquecimento médio anual no Pacífico equatorial leste. Esse aumento da variabilidade do Enso estaria relacionado com um aumento da temperatura da superfície na região desflorestada que levaria a mudanças no padrão de vento próximo à superfície, que se estenderiam até o Pacífico e Atlântico e afetariam o vento superficial sobre o oceano, com anomalias de oeste no Pacífico leste. Em resumo, para a Amazônia os aumentos projetados de temperatura atuariam como feedback positivo e aumentariam a suscetibilidade dos ecossistemas amazônicos às mudanças climáticas globais devido ao aumento do efeito estufa, e regionais devido ao desmatamento.

MUDANÇAS DOS USOS DA TERRA E HIDROLOGIA O efeito do desmatamento e das mudanças climáticas afeta o ciclo hidrológico em todas as escalas de tempo: em escalas de tempo de dias a meses, levam a mudanças na incidência de inundações; em escalas de tempo sazonais a interanual, mudanças nas características da seca é a principal manifestação hidrológica; e em escalas de anos a décadas, as teleconexões nos padrões de circulação global atmosférica, ocasionadas pela interação oceano-atmosfera, afetam a hidrologia de algumas regiões, especialmente nos trópicos, por diferentes eventos, entre eles o El Niño (Nijssen et al., 2001). A mudança climática representa um risco para o ciclo hidrológico na Amazônia, uma vez que o aumento de temperatura provocará uma maior evaporação e maior transpiração das plantas, o que levará a uma aceleração do ciclo hidrológico (Case, 2006). Se, além disso, a precipitação diminuir durante a estação seca, o impacto das mudanças climáticas no regime hidrológico na Amazônia será ainda mais agravado (Nijssen et al., 2001). A intensa seca ocorrida, no sudoeste da Amazônia em 2005, teve fortes impactos na navegação, agricultura, geração de hidroeletricidade, e afetou de forma direta e indireta a população ribeirinha de grande parte da Amazônia (Marengo et al., 2006).

AQUECIMENTO GLOBAL E AMAZÔNIA Desde a publicação do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC e particularmente para o Quarto Relatório (IPCC 2007), há uma compreensão cada vez melhor dos padrões projetados de precipitação. É muito provável que ocorra aumento da quantidade de precipitação nas altas latitudes, enquanto que reduções são prováveis na maior parte das regiões continentais subtropicais (em até cerca de 20% no cenário A1B em 2100), continuando os padrões observados nas tendências recentes. Entretanto, há ainda muita incerteza em relação às

possíveis mudanças na precipitação pluviométrica em escala regional. De acordo com Li et al. (2006), os modelos climáticos globais do Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report (IPCC AR4) prevêem diferentes padrões da precipitação na Amazônia sob a influência do cenário SRES A1B para a mudança climática global. Cinco de onze modelos estudados prevêem um aumento da precipitação anual, três modelos prevêem um decréscimo na precipitação e os outros três não indicam padrão significativo de mudança da precipitação na Amazônia. Incertezas nos padrões previstos de mudanças na TSM no Pacífico e Atlântico tropicais, representação de nuvens e feedbacks da superfície na Amazônia são as principais fontes das incertezas na previsão de mudanças na precipitação da Amazônia. Por outro lado, as projeções do IPCC (2007) indicam que é muito provável que haja um aumento da intensidade da precipitação em diversas regiões, sobretudo na região tropical. Além disso, há projeções de secas generalizadas em regiões continentais durante o verão.

Na Amazônia, a precipitação é sensível às variações sazonal, interanual e decadal da TSM (Fu et al., 2001; Liebmann and Marengo, 2001; Marengo, 2004). O aquecimento do Pacífico tropical leste durante eventos El Niño suprime a precipitação da estação chuvosa através da modificação da circulação de Walker (leste-oeste) e via os extratropicais no Hemisfério Norte (Nobre and Shukla, 1996). Variações na precipitação da Amazônia são também conhecidas por estarem relacionadas às TSMs no Atlântico tropical (Liebmann and Marengo, 2001). Um aquecimento do Atlântico tropical norte relativo ao sul leva a uma mudança para o norte e oeste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e subsidência compensatória sobre a Amazônia (Fu et al., 2001). As TSMs no Atlântico também exercem uma grande influência na precipitação da estação seca (julho-outubro) no oeste da Amazônia pelo atraso no início da Monção da América do Sul (Marengo et al., 2001; Harris et al., 2006).

Eventos extremos, como a seca de 2005 no oeste e sudoeste da Amazônia, num cenário futuro de aumento de CO₂ e diminuição de aerossóis, podem se tornar mais frequentes. É provável que um aumento na temperatura da superfície do mar no Atlântico norte tropical tenha sido a causa da seca de 2005 na Amazônia, já que havia a ausência de episódio El Niño. Isso implicou numa diminuição da intensidade dos ventos alísios de nordeste e do transporte de umidade do Atlântico tropical em direção a região amazônica. Segundo Marengo et al. (2007) as causas da seca ocorrida na Amazônia em 2005 não estão relacionadas ao El Niño, mas a três possíveis fatores: (1) o Atlântico norte tropical anormalmente mais quente do que o normal, (2) a redução na intensidade do transporte de umidade pelos alísios de nordeste em direção ao sul da Amazônia durante o pico da estação de verão, e (3) a diminuição do movimento vertical sobre esta parte da Amazônia, resultando num reduzido desenvolvimento convectivo e reduzida precipitação. Esses três fatores são dinamicamente consistentes na medida que águas mais quentes no oceano Atlântico tropical norte induziriam movimentos ascendentes atmosféricos sobre essa região, com abaixamento da pressão atmosférica, e movimentos descendentes compensatórios sobre a região da seca no oeste-sudoeste da Amazônia, e conseqüente aumento da pressão atmosférica. Esse padrão de anomalias de pressão reduziria a intensidade dos ventos alísios transportando umidade do oceano para a Amazônia.

**...ACONTECERÃO
REARRANJOS
IMPORTANTES
NOS
ECOSSISTEMAS
E MESMO
REDISTRIBUIÇÃO
DE BIOMAS.**

VARIABILIDADE CLIMÁTICA E INCÊNDIOS FLORESTAIS Quando a floresta é sujeita a períodos anormalmente secos, aumenta a probabilidade de ocorrência de queimadas que podem destruir centenas de milhares de hectares de floresta e injetar na atmosfera grandes quantidades de fumaça e aerossóis que poluem o ar em extensas áreas, afetando a população e com potencial de afetar o início da estação chuvosa e a quantidade de chuva na região (Andreae et al. 2004). Considerando os cenários de mudança climática do modelo do HadCM3 para o IPCC/AR4, a duração da estação seca poderia aumentar em até dois meses ou mais na maior parte da Amazônia, o que levaria ao aumento da estação seca dos atuais 3-4 meses para 5-6 meses na Amazônia central e oriental. Esse aumento da estação seca implicaria num aumento do risco da ocorrência de queimadas e mudança na climatologia da chuva o que favoreceria a substituição da floresta por savana (Li et al., 2006). Esses impactos ecológicos afetam a possibilidade de manejo sustentável da floresta na região, o que é uma premissa básica para a economia regional (Brown et al., 2006).

O risco dos impactos das mudanças climáticas na Amazônia aumenta ainda mais quando somamos ao aquecimento global as alterações de vegetação resultantes das mudanças dos usos da terra, notadamente os desmatamentos

das florestas tropicais e dos cerrados. Um outro fator importante é o fogo, pois a floresta densa amazônica era praticamente impenetrável ao fogo, mas devido à combinação da fragmentação florestal, desmatamentos e aquecimento em razão dos próprios desmatamentos e devido ao aquecimento global, aliada a prática agrícola predominante que utiliza fogo intensamente, esse quadro está rapidamente mudando e a frequência de incêndios florestais vem crescendo a cada ano. Com isso, é quase certo que acontecerão rearranjos importantes nos ecossistemas e mesmo redistribuição de biomas. A assombrosa velocidade com que tais alterações estão ocorrendo, em comparação àquelas dos processos naturais

em ecossistemas, introduz séria ameaça à mega-diversidade de espécies da flora e da fauna dos ecossistemas, em especial da Amazônia, com o provável resultado de sensível empobrecimento biológico (Nobre et al, 2005).

MUDANÇAS CLIMÁTICAS, BIOMAS E BIODIVERSIDADE Segundo Nobre (2001), para a Amazônia, se houver redução de precipitações induzidas pelas mudanças climáticas globais, estas se somam às reduções previstas como resposta ao desmatamento (Nobre et al., 1991), aumentando sobremaneira a suscetibilidade dos ecossistemas amazônicos ao fogo e causando a redução das espécies menos tolerantes à seca, podendo até induzir uma “savanização” de partes da Amazônia. Para a América do Sul tropical, tomando-se uma média dessas projeções de aumento de temperatura, constata-se a projeção do aumento da área de savanas e uma diminuição da área de caatinga no semi-árido do Nordeste do Brasil. Salazar et al. (2007) calcularam, utilizando cenários climáticos de 15 modelos climáticos globais do IPCC-AR4, as áreas onde o consenso dos modelos (> 11 modelos) indicam mudanças nos biomas na América do Sul tropical nos cenários A2 e B1 de emissões de gases de efeito estufa. Para o período 2020-2029, 3.1% da floresta tropical seria substituída por savana, e para finais do século (2090-2099) a área que será substituída aumenta para 18% no cenário A2. Esta mudança nos biomas, devido ao aquecimento global, ocorre principalmente no sudeste da

Amazônia, região esta que coincide com uma zona que teoricamente apresenta dois estados de equilíbrio vegetação-clima: 1. o primeiro que corresponde ao padrão de vegetação atual com a maior parte da Amazônia recoberta por floresta tropical e 2. um segundo estado de equilíbrio, onde a parte leste da Amazônia é substituída por savanas (Oyama e Nobre, 2003). Isso tem repercussões muito importantes, já que a mudança climática pode ser um dos fatores que poderiam levar o sistema de um estado de equilíbrio para outro no leste da Amazônia. Outros estudos também apontam para redução das áreas de floresta (White et al., 1999; Cramer et al., 2001; Scholze et al., 2006; Cook and Vizzy, 2007) ou seu completo colapso (Jones et al., 2003; Cox et al., 2004).

Em Scholze et al. (2006), o risco de perda da floresta em algumas partes da Amazônia é de mais de 40% para os cenários que apresentam uma anomalia de temperatura maior que 3°C. Por outro lado, se houver tendência ao aumento das precipitações, estes atuam para contrabalançar a redução das chuvas devido ao desmatamento e o resultado final seria mais favorável à manutenção dos ecossistemas e espécies.

Adicionalmente, alguns estudos têm mostrado que o estômato da planta abre menos com altas concentrações de CO₂ (Field et al., 1995), o que reduz diretamente o fluxo de umidade da superfície para a atmosfera (Sellers et al., 1996). Isto pode aumentar a temperatura do ar próximo da superfície pelo aumento da razão entre o fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente. Num região como a Amazônia, onde muito da umidade para a precipitação advém da evaporação à superfície, a redução da abertura estomatal pode também contribuir para um decréscimo na precipitação (Betts et al., 2004).

Se grandes áreas da Amazônia forem substituídas por savana, a aridez poderá aumentar já que a vegetação adaptada ao fogo tem uma menor transpiração. Em Scholze et al. (2006) conclui-se que é provável uma maior frequência de fogo (risco > 60% para temperatura > 3°C) em muitas zonas da América do Sul. Em Hutyrá et al. (2005) é mostrado que as florestas presentes em áreas com alta frequência de secas (> 45% de probabilidade de seca) podem mudar para savana, se a aridez aumentar como previsto pelos cenários de mudança climática (Cox et al., 2004; Friedlingstein et al., 2003). Portanto cerca de 600.000 km² de floresta estarão em potencial risco de desaparecer (> 11% da área total vegetada).

A floresta amazônica contém uma grande parte da biodiversidade do mundo, pois mais de 12% de todas as plantas com flores são encontradas na Amazônia (Gentry, 1982). Sendo assim, ameaças à existência da floresta amazônica indicam sérias ameaças à biodiversidade. Entretanto, existem poucos estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas na distribuição de espécies. Em nível global, Thomas et al. (2004) avaliaram o risco de extinção de espécies para áreas que cobrem cerca de 20% da superfície terrestre, e encontraram que entre 15% e 37% das espécies estariam comprometidas com risco de extinção até o ano de 2050. Em nível regional, as simulações de Miles et al. (2004), baseando-se nos cenários futuros do HADCM2-Gsa1 (que assume um aumento anual de 1% na concentração de CO₂), mostraram que 43% do conjunto de espécies arbóreas analisadas na Amazônia seriam não-viáveis para o ano de 2095. Para que as espécies afetadas possam atingir novas zonas bioclimáticas, a dispersão e migração deverão ser feitas em centenas de quilômetros (Hare, 2003). Muitos desses experimentos de modelagem não têm considerado as influências não-climáticas como as mudanças do uso da terra, o desmatamento, a disponibilidade de água, as pestes e doenças, queimadas, e todas as outras que possam limitar

a migração e dispersão de espécies (Case, 2006). No trabalho de Sala et al. (2000), estudou-se a mudança na biodiversidade para o ano 2100, considerando alguns desses aspectos e identificou-se que, para os biomas tropicais, os principais agentes que afetam a biodiversidade são o uso da terra e as mudanças climáticas.

CONCLUSÃO A Amazônia vem sendo submetida a pressões ambientais de origem antrópica crescentes nas últimas décadas, tanto pressões diretas advindas dos desmatamentos e dos incêndios florestais, como pressões resultantes do aquecimento global. A estabilidade climática, ecológica e ambiental das florestas tropicais amazônicas está ameaçada por essas crescentes perturbações, que, ao que tudo indica, poderão tornar-se ainda maiores no futuro. A ciência ainda não consegue precisar quão próximos estamos de um possível ponto de ruptura do equilíbrio dos ecossistemas e mesmo de grande parte do bioma Amazônico, mas o princípio da precaução nos aconselha a levar em consideração que tal ponto de ruptura pode não estar distante no futuro. Um colapso de partes da floresta tropical trará consequências adversas permanentes para o planeta Terra.

Carlos A. Nobre, Gilvan Sampaio, Luis Salazar são pesquisadores do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA:

- Ambrizzi, T.; Rocha, R.; Marengo J.; Pissinchenko, A. I.; Alves, L.; Fernandez, J. P. "2007: Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais". *Relatório 3*, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade - Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fevereiro 2007.
- Andreae, M. et al. "Smoking rain clouds over the Amazon", *Science*, 303, 1337-1342. 2004.
- Betts R.A.; Cox, P.M.; Harris, C.; Huntingford, C.; Jones, C.D. "The role of ecosystem-atmosphere interactions in simulated Amazon forest dieback under global climate warming". *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 157-175. 2004.
- Betts, R.A.; Cox, P.M.; Lee, S.E. and Woodward, F.I. "Contrasting physiological and structural vegetation feedbacks in climate change simulations". *Nature*, 387, 796-799. 1997.
- Betts, R.A.; Cox, P.M.; Lee, S.E. and Woodward, F.I. "Simulated responses of potential vegetation to doubled-CO₂ climate change and feedbacks on near-surface temperature". *Global Ecology and Biogeography*, 9, 171-180. 2000.
- Boer, G.J.; Flato, G. and Ramsden, D. "A transient climate change simulation with greenhouse gas and aerosol forcing: projected climate for the 21st century". *Clim. Dyn.* 16, 427-450. 2000.
- Brown, I.F.; Schroeder, W.; Setzer, A.; Maldonado, M.; Pantoja, N.; Duarte, A. and Marengo, J. "Fires in rain forests of southwestern Amazonia: Multi-national satellite imagery for monitoring and for informing the public". *EOS Transactions*, 87(26), 253-264. 2006.
- Case, M. "Climate change impacts in the Amazon: review of scientific literature (World Wildlife Fund - WWF)". 8th Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. 20-31 March, Curitiba, Brazil. 2006

- Chase, T.N.; Pielke, R.A.; Kittel, T.G.F.; Nemani, R.R. and Running, S.W. "Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter". *Clim. Dyn.*, 16, 93-106.2000.
- Correia, F. W. S. "Modelagem do impacto de modificações da cobertura vegetal amazônica no clima regional e global". Tese de doutorado, Inpe - São José dos Campos, 2005.
- Costa, M. H. e Foley, J. A., "Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO₂ concentrations on the climate of Amazonia". *J. Climate* 13:18-34, 2000.
- Cox P.M.; Betts, R.A.; Collins, M.; Harris, P.P.; Huntingford, C. and Jones, C.D. "Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century". *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 137-156. 2004.
- Cook, K.H. and Vizy, E.K. "Effects of 21st century climate change on the Amazon Rainforest". *Journal of Climate*. Submitted. 2007.
- Cramer, W. A. et.al. "Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models". *Global Change Biology* 7, 357-373. 2001.
- Dickinson, R.E. and Henderson-Sellers, A. "Modeling tropical deforestation: a study of GCM land-surface parameterizations". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 114: 439-462, 1988.
- Field, C.B.; Randerson, J.T. and Malmstrong, C.M. "Global net primary production: combining ecology and remote sensing". *Rem. Sens. Environ.*, 51, 74-88. 1995.
- Friedlingstein, P.; Dufresne, J. L.; Cox, P. M. and Rayner, P. "How positive is the feedback between climate change and the carbon cycle", *Tellus, Ser. B*, 55, 692- 700. 2003
- Fu, R.; Dickinson, R. E.; Chen, M. and Wang, H. "How do tropical sea surface temperatures influence the seasonal distribution of precipitation in the equatorial Amazon?", *J. Clim.*, 14, 4003-4026. 2001.
- Gash, J.H.C., Nobre, C.A.; Robert, J.M. and Victoria, R.L. *Amazonian deforestation and climate*. Wiley, Chichester, 595. 1996.
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A. "Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from Abracos". *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, n.5, p.823-830.1997.
- Gentry, A.H. "Neotropical floristic diversity". *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 69: 557-593. 1982.
- Hahmann, A.; Dickinson, R. E. "RCCM2-BATS model over tropical South America: applications to tropical deforestation" - *Journal of Climate*, v.10, 1944-1964, 1997.
- Hare, W. "Assessment of knowledge on impacts of climate change contribution to the specification of art. 2 of the UNFCCC". WBGU Potsdam, Berlin.2003.
- Harris P.P; Huntingford, C.; Cox, P.M. "Influence of Atlantic and Pacific SST on Amazon basin future climate change." *Geophysical Research Letters*, submitted.
- Henderson-Sellers, A. et.al. "Tropical deforestation modeling local to regional scale climate change". *Journal of Geophysical Research*, vol. 98 (D4), pp. 7289-7315, 1993.
- Hutyra, L.R., Munger, J.W.; Nobre, C.A.; Saleska, S.R. and Vieira, S.A. "Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazônia". *Geophysical Research Letters*, 32, L24712, doi:10.1029/2005GL024981.2005.
- IPCC Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 881 pp.
- IPCC Climate Change 2007: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jones, C. D.; Cox, P. M.; Essery, R. L. H.; Roberts, D. L. and Woodage, M. J. "Strong carbon cycle feedbacks in a climate model with interactive CO₂ and sulphate aerosols". *Geophysical Research Letters* 30(9): 1479. 2003.
- Knutson, T.R. and Manabe, S. "Time-mean response over the tropical Pacific to increased CO₂ in a coupled ocean-atmosphere model". *J. Climate*, 8, 2181-2199.1995.
- Lean, J.; Warrilow, D.A. "Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation". *Nature*, v.342 (6248), pp. 411-413, 1989.
- Li, W.; Fu, R. and Dickinson, E. "Rainfall and its seasonality over the Amazon in the 21st century as assessed by the coupled models for the IPCC AR4". *Journal of Geophysical Research*, 111, D02111.2006.
- Liebmann, B. and Marengo, J. A. "Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin", *J. Clim.*, 14, 4308- 4318. 2001.
- Manzi, A. O.; Planton, S. "A simulation of Amazonian deforestation using a GCM calibrated with Abracos and Arme data". In: Gash, J.H.C. et. al. ed. *Amazonian deforestation and climate*. chichester, UK. John Wiley, pp. 505-529, 1996.
- Marengo, J. "Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin". *Theoretical and Applied Climatology*. 78, 79-96. 2004.
- Marengo, J. A. "Interannual variability of surface climate in the Amazon basin", *Int. J. Climatol.*, 12, 853-863. 1992.
- Marengo, J. A.; Liebmann, B.; Kousky, V. E.; Filizola, N. P. and Wainer, I. C. "Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin", *J. Clim.*, 14, 833- 852. 2001.
- Marengo, J. A. et.al. "Ensemble simulation of regional rainfall features in the CPTEC/COLA atmospheric GCM". *Climate Dynamics* 21, 459-475. 2003.
- Marengo, J.A. et.al. "The Drought of Amazonia in 2005". *Journal of Climate*, Submitted. 2007.
- Meehl, G.A. and Washington, W.M. "El Nino-like climate change in a model with increased atmospheric CO₂-concentrations". *Nature*, 382, 56-60.1996.
- Miles, L.; Grainger, A. and Phillips, O.L. "The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia". *Global Ecology and Biogeography* 13: 553-565.2004.
- Mitchell, J.F.B.; Johns, T.C.; Gregory, J.M. and Tett, S.F.B.; "1995: Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols". *Nature*, 376, 501-504.
- Nepstad, D.C. et.al. "Large scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire". *Nature*, v.398, n.6727, p.505-508. 1999.
- Nijssen, B., O'Donnell, G.M.; Hamlet, A.F. and Lettenmaier, D.P. "Hydrologic sensitivity of global rivers to climate change". *Climate Change* 50(1-2):143 -175. 2001.
- Nobre, C.; Assad, E.D. "Mudança ambiental no Brasil. Em Terra na estufa", edição especial *Scientific American Brasil*, no 12, pp. 70-75. 2005.
- Nobre, C.A., "Amazônia: fonte ou sumidouro de carbono?" Em: *Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia*. Ministério do Meio Ambiente, p.197-224. 2001.
- Nobre, C.A., Sellers, P.J. and Shukla, J. "Amazonian deforestation and regional climate change". *J. Clim.*, 4, 957-988.1991.
- Nobre, P., and Shukla, J. "Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America", *J. Clim.*, 9, 2464- 2479. 1996.
- Oyama, M. D., and Nobre, C.A. "A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South América". *Geophysical Research Letters*, v.30, n. 23, 2199. doi: 10.1029/2003GL018600. 2003.
- Pitman, A.J. and Zhao, M. "The relative Impact of observed change in land cover and carbon dioxide as simulated by a climate model". *Geophys. Res. Lett.*, 27, 1267-1270. 2000.
- Rocha, E. J. P. "Balanço de umidade e influência de condições de contorno supe-

- riciais sobre a precipitação da Amazônia". Tese de doutorado em meteorologia. Inpa, São José dos Campos, 170p.2001.
- Ronchail, J. et.al. "Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures in the equatorial Pacific and the tropical Atlantic Oceans", *Int. J. Climatol.*, 22, 1663-1686.2002.
- Ropelewski, C.F.; Halpert, M.S. "Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation". *Mon. Wea. Rev.*, 115:1606-1626.1987.
- Ropelewski, C.F. and Halpert, M.S. "Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation". *Journal of Climate*, 2, 268-284.1989.
- Sala, O.E. et.al. "Global biodiversity scenarios for the year 2100". *Science* 287:1770-1774. 2000.
- Salazar, L.F.; Nobre, C.A. and Oyama, M.D. "Climatic change consequences on the biome distribution in tropical South America". *Geophysical Research Letters*. *In press*. 2007.
- Salati, E. "Mudanças climáticas e o ciclo hidrológico na Amazônia". Em: Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia. Ministério do Meio Ambiente, 2001, p.153-172.2001.
- Sampaio, G. et.al. "Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion". Submitted in *Geophys. Res. Lett.*, 2007.
- Scholze, M. et.al. "A climate-change risk analysis for world ecosystems". *PNAS*, 103 (35), 13116-13120. 2006.
- Schneider, E. K.; Fan, M.; Kirtman, B. P. and Dirmeyer, P. "Potential effects of Amazon deforestation on tropical climate", *Cola Technical Report*, 226, 1-41.2006.
- Sellers, P.J., et.al. "Comparison of radiative and physiological effects of doubled atmospheric CO2 on climate. *Science*, 271, 1402-1406.1996.
- Shukla, J.; Nobre, C.; Seller, P.J. "Amazon deforestation na climate change", *Science*, 247, 1322-1325.1990.
- Thomas, C.D. et.al. "Extinction risk from climate change". *Nature*, 427 (6970). pp. 145-148.2004.
- Timmermann A.; Oberhuber, J.; Bacher. A. et al. "Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming". *Nature*, 395, 694-697.1999.
- Uvo, C. R. et.al. "The relationship between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation", *J. Clim.*, 11, 551- 562. 1998.
- Voldoire, A.; Royer, E. J. F. "Tropical deforestation and climate variability". *Climate Dynamics*, v. 22, p. 857-874. 2004.
- Werth, D. e Avissar, R. "The local and global effects of Amazon deforestation", *J. Geophys. Res.*, 107(D20), 8087, doi:10.1029/2001JD000717. 2002.
- White, A.M.; Cannell, G.R. and Friend, A.D. "Climate change impacts on ecosystems and the terrestrial carbon sink: a new assessment". *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions*, 9, S21-S30. 1999.
- Zhao, M.; Pitman, A.J. and Chase, T. "The impact of land cover change on the atmospheric circulation". *Clim. Dyn.*, 17, 467-477.2001.

ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES DA PAISAGEM DA REGIÃO BRAGANTINA, NO PARÁ, INTEGRANDO DIFERENTES ESCALAS DE TEMPO

Ima Célia Guimarães Vieira
Peter Mann de Toledo
Arlete Almeida

CONTEXTO TEÓRICO DAS MUDANÇAS DE PAISAGEM NA AMAZÔNIA

O domínio biogeográfico amazônico é caracterizado por um complexo arranjo espacial de biomas, que varia na sua composição florística e nos respectivos elementos da fauna associados. A origem e manutenção das sucessivas paisagens da Amazônia ao longo do tempo geológico têm captado o interesse da comunidade científica, cujo desafio está em discutir a contribuição dos principais processos ecológicos e fatores históricos que culminaram com o padrão atual de diversidade biológica da região.

A evolução da região leste do Pará, que a partir do século XVIII foi denominada Bragantina, ocorreu sob o domínio de um sistema climático preponderantemente tropical, a partir de sucessivas transformações de ecossistemas, influenciadas principalmente por câmbios climáticos e, secundariamente, por eventos geológicos, nos últimos 25 milhões de anos. Dados diretos e indiretos oriundos de diferentes áreas das ciências naturais sugerem que as espécies que constituem a vegetação de floresta densa dessa região já poderiam ter estado presentes desde o Neógeno (1 e 2).

A composição atual de animais e plantas dessa região é fruto da dinâmica de distribuição de espécies, através do tempo geológico. O último pulso de expansão das espécies florestais e crescimento da biomassa, na região amazônica como um todo, caracteriza-se pelo padrão de cobertura geográfica atual da hiléia e ocorreu de forma acelerada nos últimos quatro mil anos (3). Estudos evidenciam que, em determinados períodos de expansão das florestas úmidas dentro de um ótimo climático, havia conexão entre elementos dos biomas da Mata Atlântica e da Amazônia conectados (4). Essas evidências e hipóteses indicam que o dinamismo apresentado na distribuição e adaptação de espécies da Bragantina estão em sintonia com teses mais gerais sobre processos históricos e ecológicos, que atuam na estruturação da paisagem.

Pesquisas do início do século XX, mostram que a cobertura vegetal da região Bragantina esteve conformada por uma floresta tropical úmida clímax que suportava madeiras de lei (5 e 6). De acordo com os critérios fitogeográficos, a região Bragantina tem sido designada, segundo Huber (1909)(5), como "mata da Estrada de Ferro de Bragança"; Ducke & Black (1954) (7) a descrevem como parte do setor Atlântico da Amazônia; Rizzini (1963)(8), a caracteriza dentro do setor sudeste das terras baixas do Terciário e como uma sub-província da província amazônica; Ackermann (1966)(9), a inclui dentro da hiléia amazônica; Hueck (1966) *apud*. Denich (1991)(10), a descreve como uma região de floresta amazônica que pertence ao Tocantins e Gurupi; Pires (1973)(11) a reconhece como uma zona de transição entre Amazônia e o Brasil Central. Após intenso uso da terra por mais de 150 anos, essa área, antes coberta por florestas, apresenta uma paisagem frag-

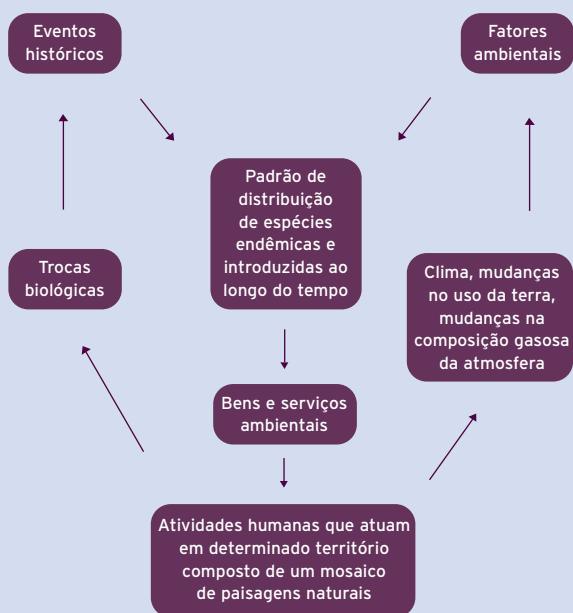


Figura 1. Mapa conceitual do fluxo das ações que interferem no padrão de distribuição de espécies num determinado território, que na região Bragantina é composto por um conjunto de paisagens naturais e de áreas alteradas por processos de urbanização e atividades agropastoris (12). As atividades humanas de grande intensidade e de significativa duração, influenciam diretamente os processos biológicos, provocam mudanças na paisagem e alteram o ambiente. Estes, por sua vez, agem diretamente nas condicionantes ambientais e interferem nos eventos históricos.

mentada, onde inúmeras espécies animais e vegetais desapareceram completamente. O cenário futuro dessa região, se o uso da terra continuar a ser intensivo, será de empobrecimento biológico, que requer um intenso programa de recuperação de paisagem e da capacidade produtiva da terra. Para isso, é preciso analisar a dinâmica evolutiva da área e as modificações naturais e antrópicas que levaram a formação de sua paisagem atual.

O entendimento da dinâmica evolutiva de uma determinada paisagem pode ser alcançado através de dois enfoques complementares (12). O primeiro, efetuado através da caracterização dos processos históricos que permitiram que os sucessivos eventos culminassem com a estruturação das comunidades bióticas atuais. Esses condicionantes podem ser traçados para diferentes escalas do tempo, e variam desde a origem evolutiva de um grupo, até as mais recentes modificações no meio ambiente como, por exemplo, mudanças climáticas do último período inter-glacial. Nesses casos estão envolvidos, necessariamente, aspectos dos diferentes eventos da história terrestre que atuam no estabelecimento de áreas de endemismo, cuja agregação culmina em uma escala maior, em regiões biogeográficas. O segundo elemento, que está ligado ao tempo ecológico das populações e comunidades, volta-se à determinação das características ambientais predominantes que influenciam nas funções ecológicas e respectivas determinantes ambientais. Dessa forma, ambos os aspectos contri-

buem para o estabelecimento do padrão de distribuição das espécies de um determinado local.

Esse contexto teórico mostra que entender de forma agregada os principais condicionantes que influenciam nas mudanças de paisagem de uma região, auxilia no estabelecimento de um corpo de informações que permite, não só um diagnóstico mais robusto acerca dos impactos e intensidades na resposta às mudanças naturais ou antrópicas, mas também a avaliação dos processos de degradação e recuperação de ecossistemas diante de pressões ambientais causadas pela conversão da floresta e por diferentes usos da terra (Figura 1).

CLIMA E FLORA NO MIOCENO: EVIDÊNCIAS PARA A REGIÃO BRAGANTINA

Os condicionantes abióticos melhor correlacionados com o padrão da biodiversidade amazônica têm sido os gradientes de variação climática, o modelo de distribuição dos tipos de solo e a caracterização geomorfológica dos terrenos. As histórias das transformações dessas paisagens estão intimamente relacionadas ao arcabouço geológico, bem como às flutuações climáticas, provocando um dinamismo na estruturação e composição da flora com possível redistribuição das principais fitofisionomias. Os paleoambientes amazônicos têm demonstrado a ocorrência de mudanças sucessivas no arranjo espacial dos sistemas terrestres em diferentes períodos geológicos, provocadas principalmente por atividades tectônicas e mudanças do nível do mar que culminaram em modificações substanciais na hidrografia e padrão de drenagem. Essas variações influenciaram e favoreceram o movimento e redistribuição da biota ao longo do tempo.

Os padrões biogeográficos atuais, como os centros de endemismo, são fenômenos biológicos históricos importantes para suporte à construção de narrativas sobre cenários evolutivos que originaram a fauna e flora amazônicas. Na mesma linha, os representantes fósseis da região contribuem para o entendimento dos processos de origem e extinção de comunidades, e também constituem uma fonte de informação importante no entendimento da dinâmica das distintas paisagens do passado.

A Bragantina faz parte da Área de Endemismo Belém (13), classificação de uma determinada região biogeográfica identificada pela associação de espécies endêmicas. A região da plataforma Bragantina foi palco de uma sucessão de eventos deposicionais ao longo dos últimos 25 milhões de anos, onde pode se observar uma sequência de mudanças entre depósitos marinhos e ambientes transicionais costeiros, aqui representados pelas formações geológicas Pirabas e Barreiras, até o predomínio, desde o Neógeno, de paisagens terrestres. Nesse teatro evolutivo, sob o domínio de um sistema climático preponderantemente tropical, desenvolveram-se sucessivas transformações de ecossistemas, principalmente influenciadas por câmbios climáticos e, secundariamente, por eventos geológicos; estes últimos responsáveis por rearranjos sucessivos de leitos de rios e deslocamentos de blocos continentais.

As evidências botânicas mais antigas para a Bragantina provêm da paleoflórula de Pirabas. Nessa formação geológica, observa-se uma comunidade extinta composta por 19 gêneros, dentre eles *Drypetes*, *Trichilia*, *Diospyros* de distribuição pantropical, *Hirtella*, *Cassipourea*, *Sapindus*, *Pisonia*, de distribuição neo e paleotropical, *Guatteria*, *Endlicheria*, *Davilla*, *Bonnetia*, *Caryocar*, *Hortia*, *Serjania*, *Apeiba*, *Myrcia*, *Meriania* e *Faramea*, de distribuição exclusivamente neotropical, e o gênero *Rapatea* que é endêmico da Hileia amazônica. Esses dados sugerem que elementos relacionados à flora atual da Amazônia já estavam constituídos no Mioceno (~25 milhões de anos). A fitofisionomia era caracterizada por cobertura vegetal de árvores altas e com folhas perenes e

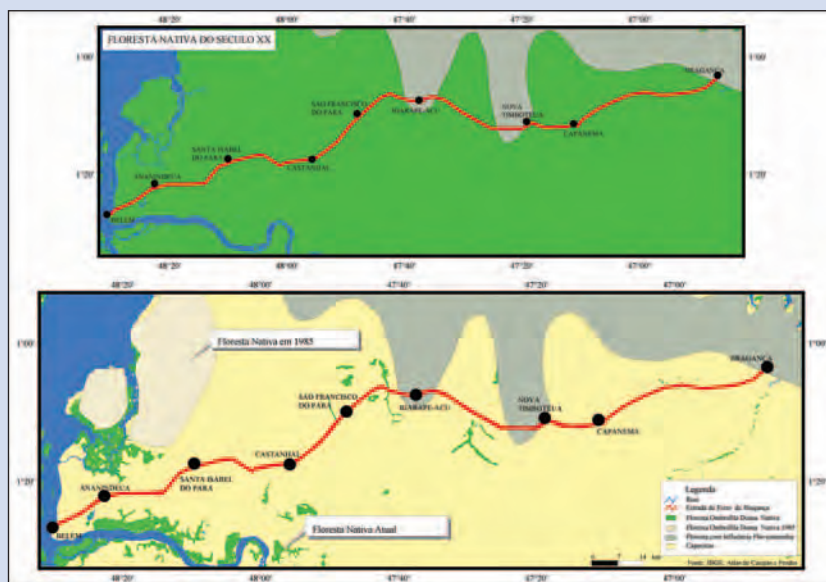


Figura 2. Mapas de desflorestamento ao longo da antiga ferrovia Belém-Bragança, região Bragantina, até o início do século XX e em 1985. Mais de 90% da região já está sem a cobertura vegetal primária.

grande variedade de espécies, que se misturavam à vegetação composta por árvores baixas, de folhas caducas, típicas de savanas ou cerrados (2). Segundo evidências geológicas, após a última regressão do Terciário, entre os últimos 10 e 6 milhões de anos, não houve predomínio de floresta tropical úmida em toda a bacia amazônica. Nesse intervalo de tempo, o clima era relativamente mais árido do que o dos dias atuais, o que proporcionou a formação de lateritas, que necessitam de clima marcadamente sazonal para sua formação. Dessa forma, é muito provável que a floresta tropical úmida, tal como a observamos hoje na Amazônia, não deve ter se desenvolvido antes dos últimos 6 milhões de anos atrás. Desse período até os últimos 4 mil anos, a região foi palco de sucessivos eventos de expansão e retração de florestas.

USO DA TERRA E OCUPAÇÃO HUMANA NOS ÚLTIMOS 150 ANOS NA REGIÃO BRAGANTINA A paisagem bragantina de hoje é um mosaico de capoeiras com diferentes graus de sucessão vegetal, culturas agrícolas e áreas de pastagem. Assim, pode-se afirmar que as florestas frondosas, exuberantes e sempre verdes do bioma amazônico, ocorreram até inícios de 1900 (7, 9, 14), quando foram substituídas por plantas heliófilas de sucessão secundária e xerófilas típicas do Nordeste do Brasil.

A mudança de paisagem na região Bragantina (Figura 2) pode ser explicada através de eventos históricos, socioeconômicos e geográficos que aconteceram nos últimos séculos (9, 10, 15, 16, 17, 18, 19). Essa região esteve sob um forte impacto antrópico, que aparentemente começou nos primeiros 50 anos de colonização, quando se transformou numa “paisagem fantasma” (15, 16, 19) e desoladora (14). Assim, para explicar a atual paisagem da região Bragantina é preciso fazer uma retrospectiva tanto dos primeiros dados do desmatamento quanto de eventos sociais e econômicos relacionados à colonização, que propiciaram a expansão da agricultura em terras firmes da Amazônia, durante aproximadamente seis décadas. É evidente que acontecimentos socioeconômicos deram origem as atuais áreas de sucessão secundária ou capoeiras na re-

gião e resultaram no desaparecimento quase total da mata primária bragantina (10, 20).

O predomínio da floresta secundária (capoeira) nessa região está associada com os primeiros dados de desmatamento no início do século XVII, com a chegada dos colonizadores franceses (17), o que evidencia que a presença estrangeira teve um forte impacto antrópico ao serem introduzidas idéias inovadoras de agricultura.

Outros desmatamentos de grandes áreas de floresta nativa da Bragantina estão relacionados com três fatos históricos. O primeiro ocorreu em 1616, com a abertura da Estrada Real que ligava Belém até o Maranhão passando pela região do Caeté (9). O segundo impacto florestal ocorreu a finais do século XIX com a construção da Estrada de Ferro (1883-1908) e o avanço da frente de colonização, ambos responsáveis pela destruição da floresta primária (5, 9, 14). A floresta quase desapareceu ao ser convertida em carvão de lenha para conseguir movimentar o trem (5, 9, 16). Além disso, essa ferrovia que ligava Belém e os diferentes pólos da região Bragantina facilitou o assentamento de colônias e núcleos agrícolas, assim como o início de uma agricultura extensiva. Os colonos derrubaram e queimaram a mata primária nas áreas próximas à ferrovia para estabelecer núcleos de desenvolvimento e posteriormente desmatavam intensamente áreas do interior. Assim, algumas décadas depois, a paisagem transformava-se em fragmentos de mata isolada e residual (9, 14, 16). O terceiro desflorestamento ocorreu em 1887, ao se iniciar a construção da ligação telegráfica entre Bragança e São Luís de Maranhão, pelo mesmo trajeto da Estrada Real (9), impactando novamente o trecho que provavelmente estava em processo de recuperação.

Assim, através desses eventos políticos, históricos e econômicos aqui mencionados é possível evidenciar que o desflorestamento e a alta pressão demográfica que ocorreram nessa região, tiveram um grande impacto nas últimas décadas, ao substituir a floresta por áreas de cultivo e capoeiras (9, 16). Entre os anos 1950 e 1960 foi registrada a existência de fragmentos isolados de florestas exuberantes em locais de difícil acesso (9, 14), entretanto, os últimos registros (1996-2001) evidenciam apenas a presença de fragmentos pequenos (20, 21) localizados em propriedades privadas.

CENÁRIOS PARA O FUTURO DA REGIÃO BRAGANTINA A fragmentação das florestas de terra firme é um dos resultados da degradação crescente e descontrolada que vem ocorrendo na região Bragantina há pelo menos 150 anos. Neste processo, a vegetação contínua é dividida em fragmentos de tamanho, forma e idades variadas, ladeados por plantações, pastagens, capoeiras em diferentes níveis de regeneração, estradas, entre outros, gerando verdadeiros mosaicos na paisagem.

A fragmentação introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais, afetando os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade das diferentes espécies e a estrutura e dinâmica dos ecossistemas. No caso das espécies arbóreas, a alteração na abundância de polinizadores, dispersores, predadores e patógenos alteram as taxas de recrutamento de plântulas, enquanto os incêndios, ventos e mudanças microclimáticas, que afetam mais intensamente as bordas dos fragmentos, alteram as taxas de mortalidade das árvores e dos organismos a eles associados.

Muitas espécies de árvores desapareceram da paisagem bragantina, em alguns casos, famílias de plantas abundantes nas florestas primárias, estão ausentes das florestas secundárias como *Sapotaceae* e *Burseraceae*. Trinta espécies de plantas e animais endêmicos do Centro de Endemismo Belém, já estão na lista de espécies ameaçadas de extinção do estado do Pará, segundo dados do Museu Paraense Emílio Goeldi. Porém, vários estudos ainda são necessários para se avaliar a perda total de espécies nessa região, após sucessivas ondas de desmatamento e uso intensivo da terra. Vieira e outros autores (22) mostram que os fragmentos de florestas primárias da Bragantina fornecem um importante habitat para centenas de espécies de plantas e animais que não estão presentes em florestas secundárias, ou que só lentamente colonizam florestas secundárias. Observa-se, ainda, que alguns gêneros de árvores presentes na região há 25 milhões de anos estão presentes na paisagem atual da Bragantina, como *Davilla*, *Guatteria*, *Couratari* e *Myrcia*, que são grupos com alta plasticidade, o que poderia sugerir que esta característica tem proporcionado a sua permanência na paisagem. Não está claro se as populações de espécies nativas da floresta primária presentes na paisagem fragmentada são viáveis do ponto-de-vista reprodutivo mas, a curto prazo, proporcionam um habitat para várias espécies vegetais e animais que podem recolonizar florestas secundárias em paisagens agrícolas.

Considerando a paisagem como um todo, pode-se dizer que o tipo e as características dos componentes da matriz da paisagem (áreas no entorno de fragmentos de floresta) desempenham papel fundamental na dinâmica das comunidades de plantas e animais, chegando a reduzir os efeitos da fragmentação quando a matriz é similar estruturalmente à vegetação primitiva, ou ainda, potencializando os efeitos, à medida que aumenta a diferença. Nesse sentido, se a matriz original é composta de vegetação primária, o enfoque dos estudos e ações passa a ser preferencialmente sobre a degradação ambiental. Quando a fragmentação ocorre em uma matriz em que a vegetação pré-existente é secundária, a abordagem central é sobre a regeneração. As diferenças na estrutura da paisagem influencia, também, as estratégias de desenvolvimento, conservação e recuperação de uma região. Assim, paisagens de fronteiras antigas, como a Bragantina, requerem ações de forma a aumentar as manchas de florestas remanescentes, por exemplo, com reflorestamento e enriquecimento de espécies nativas nos fragmentos, enquanto ações que maximizem os impactos dos corredores de vegetação ripária, nas Áreas de Preservação Permanentes (APPs) são necessárias e urgentes. Nas regiões de fronteiras agrícolas recentes, é desejável manter a matriz de floresta primária e reduzir os impactos de estradas. Ambas situações requerem intervenções em nível de paisagem, que devem ser levadas em conta no planejamento de territórios sustentáveis na Amazônia (23).

Ima Célia Guimarães Vieira é engenheira agrônoma, pesquisadora titular do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). É a atual diretora do MPEG.

Peter Mann de Toledo é biólogo, pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e tesoureiro da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Foi diretor do Museu Paraense Emílio Goeldi na gestão 2000-2004.

Arlete Almeida é geógrafa, tecnóloga do Museu Paraense Emílio Goeldi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Toledo, P.M.; Melo, C.C.S.; Moraes-Santos, H.M.; Diniz, F.M.; Oliveira, M.F. "Paleoecology of the Serra dos Carajás mammalian fauna". *Ciência & Cultura* 51, 311-317. 1999.
- Duarte, L. "Paleoflórula". In: *O neógeno da Amazônia Oriental* (Rossetti, D. & Góes, A. M. eds). Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém: 169-196. 2004.
- Mayle FA, Burbridge R, Killeen TJ. "Millennial-scale dynamics of southern Amazonian rain forests". *Science* 290: 2291-2294. 2000.
- Vivo, M.; Carmignotto, A.P. "Holocene vegetation change and the mammal faunas of South America and Africa". *Journal of Biogeography* 31, 943-957. 2004.
- Huber, H. "Mattas e madeiras amazônicas". *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi Hist. Nat. Ethnogr.* 6: 91-225. 1909.
- Pires, J.M.; Prance, G.T. "The vegetation types of the Brazilian Amazon". *Key environments: Amazonia* (eds G.T. Prance & T.E. Lovejoy), pp. 109-145. Pergamon Press, Oxford. 1985.
- Ducke, A.; Black, G.A. "Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 25, 1-46. 1953.
- Rizzini, C. T. 1997, *Tratado de fitogeografia do Brasil*, 2ª ed. Âmbito Cultural Edições Ltda., Rio de Janeiro, 747p.
- Ackermann, F.L. *A depredação dos solos da região Bragantina e na Amazônia*, Universidade Federal do Pará, Belém. 1966.
- Denich, M. *A importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental brasileira*. Embrapa /CPATU- GTZ, Belém- Pará. 1991.
- Pires, J.M. *Tipos de vegetação da Amazônia*. Publicação avulsa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 20, 179-202. 1973.
- Crisci, J.V.; Sala, O.E.; Katinas, L.; Posadas, P. "Bridging historical and ecological approaches in biogeography". *Australian Systematic Botany* 19:1-10. 2004
- Silva, J.M.C.; Rylands, A. & Fonseca, G. "The fate of endemism". *Conservation Biology* 19(3):689-694. 2005.
- Lima, R.R. *Os efeitos das queimadas sobre a vegetação dos solos arenosos da região da estrada de ferro de Bragança*. Instituto Agrônomo do Norte (IAN), Belém. 1954.
- Camargo, F.C. "Terra e colonização no antigo e novo quaternário da zona da estrada de ferro de Bragança, estado do Pará, Brasil". *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 10, 123-147. 1948.
- Egler, E.G. "A zona Bragantina no estado do Pará". *Revista Brasileira de Geografia*, 23, 527-555. 1961.
- Penteado, A.R. *Problemas de colonização e de uso da terra na região Bragantina do estado do Pará*, Universidade Federal do Pará, Coleção Amazônia, Série José Veríssimo. Pará. 1967.
- Valverde, O. & Dias, C.V. *A rodovia Belém-Brasília. Estudo de geografia regional*. Instituto Brasileiro de Geografia. Rio de Janeiro. 1967.
- Sioli, H. "Recent human activities in the Brazilian Amazon region and their ecological effects". In: *Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review* (eds B.J. Meggers; E.S. Ayensu & W.D. Duckworth), pp. 321-324. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 1973.
- Vieira, I. C. G. "Forest succession after shifting cultivation in eastern Amazonia". Doctoral Thesis. University of Stirling, Scotland. 1996.
- Almeida, A.S de; Vieira, I.C.G. "Padrões florísticos e estruturais de uma cronosequência de florestas no município de São Francisco do Pará, região Bragantina" *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v17, nº1, pp209-240, 2001.
- Vieira, I.C.G.; Salomão, R.P.; Adams, M. "Biodiversidade 120 anos depois da ocupação agrícola na região Bragantina, Pará". In: (Forline, L.; Murieta, R. Vieira, ICG, eds.). *Amazônia além dos 500 anos*, MPEG, Belém. p. 533-540. 2006.
- Vieira, I.C.G.; da Silva, J.M.C.; Toledo, P.M. "Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia". *Estudos Avançados* 54, p. 153-164. 2005.

CICLOS DE NUTRIENTES NA AMAZÔNIA: RESPOSTAS ÀS MUDANÇAS AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS

Flávio J. Luizão

A Amazônia é uma região tropical imensa, com alta diversidade biológica e com muita água, onde a floresta interage fortemente com a atmosfera, rios e lagos (1). A floresta tropical densa de terra firme, que cobre a maior parte da região e que se situa predominantemente sobre solos de baixa fertilidade química natural (2, 3), deve sua sobrevivência e produtividade à sua alta diversidade vegetal, composta por espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo. Essas espécies teriam uma baixa demanda por nutrientes minerais e dependeriam, então, de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta (2). A reciclagem da matéria orgânica depende fortemente da atividade biológica que, em condições naturais na floresta, é muito favorecida pela temperatura e umidade apropriadas da região.

Além dos nutrientes reciclados a partir da matéria orgânica, as chuvas (deposição úmida) e os aerossóis (deposição seca) representam entradas importantes de alguns dos nutrientes essenciais para a Amazônia. A importância relativa dessas fontes pode variar de um nutriente para outro; por exemplo, as fortes e frequentes chuvas dos trópicos constituem o maior fluxo de entrada de fósforo (P) para o sistema florestal, porém representam uma fração muito pequena nas entradas totais de nitrogênio (N) para a floresta (Tabela 1) (4). A lavagem das copas das árvores (enriquecimento) produz importantes fluxos de magnésio (Mg) e, principalmente, potássio (K). As perdas para os igarapés de drenagem são geralmente muito baixas, exceto para cálcio (Ca) e Mg. Entre os macro-nutrientes, N e Ca dependem essencialmente da reciclagem interna da floresta e a liteira fina representa a sua maior entrada para o ecossistema florestal. A liteira é o conjunto de detritos orgânicos, principalmente de origem vegetal, produzidos pela floresta (folhas, gravetos e galhos, flores e frutos, e outros componentes menores) (5). A liteira pode ser classificada em liteira fina (que inclui material lenhoso com diâmetro até 2 cm) e liteira grossa (material lenhoso – galhos e troncos – com diâmetro superior a 2 cm) (6).

A liteira grossa (material lenhoso com diâmetro > 2 cm), de decomposição lenta, apresenta alta concentração de carbono e baixa de nutrientes; é ainda pouco estudada nos trópicos, mas deve ser incluída nos cálculos dos estoques de C e nos fluxos de respiração da floresta. Seu estoque na floresta intacta, na Amazônia brasileira, situa-se entre 30 e 55 Mg.ha⁻¹ e sua produção anual, entre 2 e 4 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (7, 8). Estudos recentes demonstraram que a concentração de nutrientes (especialmente os cátions, como Ca e Mg) na fração mais fina (2-10 cm diâmetro) desse compartimento é também considerável, embora menor do que nas folhas (9). Uma vez decomposta, supostamente entre 1 e 2 anos após a deposição, essa fração libera Ca e Mg no solo superficial, aumentando a disponibilidade dessas bases para as plantas que se instalam na área e potencialmente favorecendo as espécies com maior demanda por Ca e Mg (10).

Por outro lado, a liteira fina, além de ser um indicador direto da produtividade primária do ecossistema florestal e de ter importante papel na cobertura e proteção do solo, funciona como uma contínua e importante fonte de nutrientes para o solo florestal, devido à sua rápida renovação e decomposição sobre o solo (2). Numa floresta de platô na Amazônia central, produzindo 8,25 Mg.ha⁻¹ de liteira fina, as entradas anuais foram: 3,88 Mg.ha⁻¹ de carbono e as seguintes quantidades de nutrientes (em kg.ha⁻¹): N=151; P=3; K=15; Ca=37 e Mg=14 (11). A produção anual em florestas primárias de terra firme na Amazônia situa-se na faixa de 7-10 Mg.ha⁻¹, mas pode variar consideravelmente de um ano para outro, dependendo da fenologia das espécies de árvores e, principalmente, dos padrões de precipitação pluviométrica, uma vez que há um forte controle sazonal da produção de liteira fina: maiores produções são medidas nos períodos mais secos do ano (11). A camada de liteira sobre o solo também apresenta um forte padrão sazonal, diminuindo sua espessura no final da época chuvosa e aumentando-a no período seco (12).

Nos trópicos, a decomposição da liteira fina geralmente ocorre dentro de um ano ou menos, significando que toda a liteira fina que cai durante o ano é decomposta dentro do mesmo ano. As taxas de decomposição na floresta são fortemente dependentes da ação dos organismos do solo (microrganismos, mesofauna e macrofauna) e esta é muito mais forte na estação chuvosa (com umidade mais favorável à ação biológica) do que na estação seca (12).

Os padrões de liberação dos nutrientes minerais contidos na liteira fina em decomposição podem variar consideravelmente de um nutriente para outro: por um lado, o potássio (K), altamente solúvel em água e, portanto, muito susceptível à lixiviação, geralmente apresenta uma taxa de liberação extremamente rápida, podendo perder até 80 % do seu conteúdo na liteira nos primeiros 30 dias de decomposição; ao contrário, elementos ligados à estrutura das folhas, como Ca, Mn, Fe e, em menor escala, Mg, podem apresentar uma fase inicial de acumulação, com uma fase posterior de liberação líquida, após a quebra das paredes celulares do material vegetal (12, 13).

A liberação de nutrientes da liteira grossa, bem como seus fluxos de entrada para o solo da floresta, tem sido raramente quantificada nas florestas tropicais. Numa floresta intacta da Amazônia central, estimou-se uma entrada anual de 0,15 kg ha⁻¹ de P, 2,42 kg de K, 2,75 kg de Ca e 1,36 kg de Mg, de um total anual produzido de 2,72 Mg ha⁻¹ em forma de liteira grossa com > 10 cm de diâmetro (7).

A liberação dos nutrientes minerais contidos na liteira e na matéria orgânica do solo é essencialmente controlada pela biota do solo, e os fungos micorrízicos têm papel primordial na ciclagem de nutrientes (N e P, em especial) nos solos quimicamente pobres e geralmente muito ácidos dos trópicos. Através de associações simbióticas com fungos (micorrizas), as raízes podem absorver nutrientes da liteira em decomposição, além de aumentar enormemente o volume de solo explorado por elas (14). Estudos mais recentes, em zonas tropicais, têm mostrado um número cada vez maior de espécies lenhosas como portadoras de fungos micorrízicos: na Amazônia brasileira, há 5 anos já era conhecida uma lista com 131 espécies regionais associadas com FMA – fungos micorrízicos arbusculares (14). Por essa razão, para manter o complexo ecossistema do solo em funcionamento nas zonas tropicais com solos pobres, e garantir a continuidade do processo de reciclagem de nutrientes em qualquer ecossistema manejado, seria necessário otimizar a biota do solo e, para isso, seria indispensável observar os seguintes princípios mínimos norteadores: 1. manter o solo coberto com uma capa orgânica, reciclável; 2. adi-

cionar adubos verdes, sempre que possível; 3. em cultivos, selecionar plantas de alta qualidade nutricional, para produção de liteira de boa qualidade; 4. manter a biodiversidade do solo e das plantas utilizadas no sistema (15).

MODIFICAÇÕES NA CICLAGEM DE CARBONO E NUTRIENTES EM RESPOSTA ÀS MUDANÇAS AMBIENTAIS Levando em consideração a ciclagem predominante no sistema florestal – biologicamente regulada, com intensa reciclagem de matéria orgânica – é de se esperar que a ciclagem de carbono e nutrientes seja alterada na medida direta em que as intervenções na floresta sejam efetuadas, com maior ou menor alteração da cobertura e da biomassa vegetal.

Nos últimos anos, além da conversão da floresta em pastagens e cultivos agrícolas, a exploração seletiva de madeira apareceu como uma das causas principais do desmatamento na região, constituindo novos centros de exploração na Amazônia brasileira, ao construir novas estradas e facilitar o acesso e colonização de novas áreas de floresta, antes inacessíveis (16). Adicionalmente, as áreas de floresta submetidas à exploração seletiva de madeira tornam-se susceptíveis ao fogo, por abrir caminhos para os ventos, que ressecam a superfície do solo, e adicionar muitos materiais secos, combustíveis, ao solo; dessa forma, novas mudanças na ciclagem de carbono e nutrientes são introduzidas nas áreas exploradas, após a primeira intervenção. Apesar de sua importância atual na Amazônia, ainda pouco se conhece sobre os impactos da extração seletiva de madeira nos processos que governam o funcionamento da floresta, incluindo a ciclagem de nutrientes minerais. Na Amazônia central, o Projeto Biomassa e Nutrientes na Floresta Tropical Úmida (Projeto Bionte – Inpa/DFID), avaliou, de 1993 a 1997, o efeito da extração experimental de 34,3 m³.ha⁻¹ de madeira (6-10 árvores, DAP > 55 cm), feita com uso de um trator de esteira, sobre a floresta, o solo e a ciclagem de nutrientes (10). A extração seletiva de madeira resultou na exportação de 65,3 kg de N, 0,86 kg de P e 18,8 kg de Ca, por ha., com a saída das toras de madeira. Embora as quantidades de nutrientes exportados tenham sido relativamente modestas (e amplamente compensadas pela adição de novos nutrientes às parcelas por meio de resíduos vegetais resultantes da exploração de madeira), partes das clareiras ficaram com solo exposto; nestes, as taxas de decomposição da liteira dos primeiros meses foram mais baixas, e houve perdas de nutrientes por percolação no solo (nas primeiras semanas), pela presença de muito material orgânico novo e ausência de raízes absorvedoras (10).

Nas partes da clareira com acúmulo de detritos vegetais (galhos e copas), as taxas de decomposição foram mais altas nos primeiros dois anos, resultando em uma maior concentração de nutrientes disponíveis no solo (especialmente Ca e Mg) após 1,5 anos (10). Nas clareiras produzidas pela extração de madeira, foram identificadas 12 espécies de madeira não-resistentes à decomposição, 32 espécies resistentes e oito altamente resistentes à decomposição (7). Cerca de metade do C da liteira grossa (> 10 cm diâmetro) é liberada em 5 anos (19,9 MgC ha⁻¹); o restante é liberado em outros 20 anos, enquanto que a liteira grossa com diâmetros entre 2 e 10 cm é decomposta em menos de 5 anos. Uma alta proporção de nutrientes é liberada nos primeiros 4 anos de decomposição, especialmente P e K: os fluxos são quatro vezes maiores para P e K e três vezes maiores para Mg (mas ainda menores do que o fluxo via liteira fina em floresta intacta) (7).

O resultado geral da extração seletiva de madeira é, portanto, uma alta redistribuição de carbono e nutrientes na floresta e a formação de micro-sítios

com forte adição de material orgânico novo, como liteira fina ou grossa, que podem afetar o estabelecimento de plantas da regeneração natural, favorecendo, em épocas distintas após o corte, as espécies pioneiras ou clímax.

FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL Um dos efeitos da extração seletiva da madeira (e de vários outros tipos de intervenção na floresta tropical densa) é a fragmentação florestal e, apesar da importância desse processo para a ciclagem de nutrientes, com possíveis efeitos de retro-alimentação no *status* nutricional, na vitalidade e na composição de florestas fragmentadas, poucos estudos têm focado os efeitos da fragmentação florestal na queda e dinâmica da liteira. Estudos recentes realizados pelo PDBFF - Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (Inpa/Smithsonian Institution), próximo a Manaus, registraram um aumento nos estoques, tanto de liteira fina como grossa, sobre o solo, em consequência da fragmentação, devido ao efeito de borda, que aumenta a mortalidade de árvores (17). Medidas contínuas por 3 anos, comparando a produção de liteira fina na floresta próxima às bordas com a da floresta distante 250 m ou mais das bordas, mostraram uma produção anual 0,68 Mg ha⁻¹ maior na área de influência das bordas do que no interior da floresta (9,50 ± 0,23 Mg ha⁻¹ vs. 8,82 ± 0,14 Mg ha⁻¹) (18). As concentrações de Ca nas folhas de liteira próximas das bordas foram maiores, possivelmente devido a uma forte mobilização de Ca do solo pelas espécies pioneiras que crescem nas bordas dos fragmentos florestais. O aumento de queda de liteira próximo das bordas dos fragmentos – principalmente devido ao aumento na produção de folhas – pode ser causado pela maior prevalência de ventos, pelo aumento da dessecação das plantas, além das maiores taxas de recrutamento de árvores, especialmente de pioneiras, próximas às margens. Essas taxas mais elevadas de queda de liteira provavelmente induzem efeitos em cascata na ecologia de florestas fragmentadas, afetando a fauna de invertebrados, a mortalidade de sementes e plântulas e, sobretudo, tornando os fragmentos florestais mais vulneráveis a incêndios de superfície destrutivos.

CONVERSÃO DA FLORESTA EM ÁREAS AGRÍCOLAS OU PASTAGENS A extração seletiva de madeira e a fragmentação florestal representam impactos relativamente moderados, se comparados à conversão da floresta tropical densa, altamente diversificada, para cultivos agrícolas muito simplificados (na sua grande maioria, monoculturas) ou para pastagens com uma só espécie de gramínea, geralmente exótica e implantada em áreas com infraestrutura precária. Nesses casos, os impactos negativos são esperados e severos, já que os mecanismos básicos de funcionamento do ecossistema natural, com sua efetiva reciclagem de matéria orgânica e nutrientes, são rompidos; além disso, alguns nutrientes, como o N e o S, podem ser perdidos em altas proporções, na queimada inicial e/ou nas queimadas posteriores, com um forte potencial de se tornar limitantes no sistema. No caso de pastagens (na Amazônia brasileira, principalmente formadas com a gramínea *Brachiaria humidicola*), o manejo das pastagens tem sido quase sempre inadequado e os fatores de degradação do solo e/ou da produção da pastagem evoluem rapidamente e podem levar ao abandono da área em poucos anos.

Numa crono-sequência de pastagens, de 2 a 13 anos de idade, sobre Latossolos Amarelos, argilosos (> 70% argila, localizados num raio de 10 km de distância entre si e todos sobre platôs achatados), na região de Manaus, detectaram-se mudanças significativas na dinâmica do C e do N no solo (19): 1. a biomassa microbiana-C e a mineralização de N solo aumentaram até os 5 anos de

idade da pastagem, com um posterior declínio gradativo (acentuado após 8 anos de idade) – Figura 1 (19); 2. as pastagens apresentaram maiores proporções de N no solo na forma de N-NO_3 (enquanto que a floresta original, numa evidência de conservação de nutrientes, tinha mais N como N-NH_4), o que pode facilitar perdas por lixiviação, desnitrificação ou complexação no solo; 3. as baixas taxas de mineralização do N corresponderam a um decréscimo no estoque de N orgânico, levando a uma deficiência de N no solo nas pastagens mais antigas; 4. as pastagens mais velhas (12-13 anos de idade) mostraram um acentuado decréscimo do C orgânico do solo.

O estudo de duas crono-sequências de pastagens, em Santarém (PA), uma sobre solos argilosos e outra sobre solos arenosos (20), confirmaram o declínio nos estoques de C na biomassa aérea e no solo com a idade das pastagens. Esses declínios na biomassa de plantas estariam relacionados com a diminuição de C, do P disponível e do Ca trocável no solo; o P do ecossistema diminuiu adicionalmente com a idade das pastagens. Outro estudo de uma crono-sequência de pastagens, também em Santarém (21), mostrou perdas significantes de matéria orgânica e de P-total do solo com a idade das pastagens, em solos já deficientes em P; estas foram atribuídas a mudanças nas comunidades de microrganismos do solo.

As perdas de N do solo das pastagens jovens para a atmosfera podem ser substanciais, conforme demonstrado em um estudo comparativo dos fluxos de N_2O em floresta, numa área queimada recente e numa pastagem jovem, todas adjacentes e sobre latossolo amarelo com mais de 70% de argila, em Manaus (22). Neste estudo, o fluxo anual de N_2O na pastagem aumentou três vezes em relação à floresta: 1,9 kg ha⁻¹ ano⁻¹ floresta e na queimada, contra 5,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹ na pastagem jovem. Na estação seca, os fluxos de N_2O em floresta e pastagem foram similares, mas na estação chuvosa os fluxos foram 3-5 vezes maiores na pastagem (> 10 ng cm⁻² h⁻¹ em março e abril, os meses mais chuvosos). Medidas posteriores, em pastagens próximas, mostraram que, com a idade, as pastagens diminuem as emissões de gases nitrogenados (óxidos nítrico e nitroso) e as taxas de mineralização de N e de disponibilidade de P; assim, com o aumento da idade das pastagens, diminui a concentração de nitrato no solo (devido à desnitrificação) e aumenta a de amônio (19).

RECUPERAÇÃO DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ÁREAS ABANDONADAS OU DEGRADADAS A perda da capacidade produtiva dos agrossistemas amazônicos tem levado ao abandono de milhões de hectares, após poucos anos de uso da terra e ao conseqüente desmatamento e uso de novas áreas de floresta. Por isto, há um forte interesse em buscar técnicas adequadas de reutilização das áreas abandonadas ou degradadas pelo uso agrícola ou pastoril na região (23, 24). Como usos alternativos para essas áreas de capoeiras (pousios), podem ser sugeridas três alternativas principais: 1. enriquecimento das capoeiras (especialmente com espécies madeiras e/ou frutíferas); 2. implantação de novos sistemas agrícolas com o uso da biomassa, sem queima; 3. implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) diversificados, com espécies nativas. As duas últimas têm experimentos correntes em diferentes partes da Amazônia.

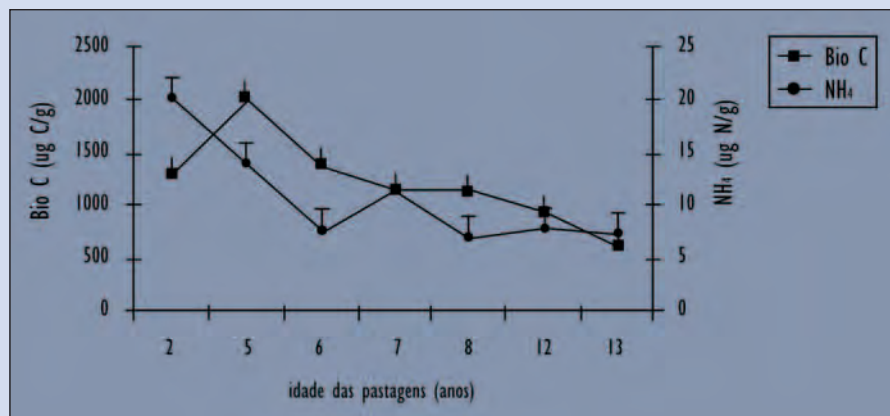


Figura 1: Biomassa microbiana do solo (↔g C g⁻¹) e concentração de N-NH_4 no solo (↔g N g⁻¹) em pastagens de *Brachiaria humidicola* de diferentes idades, em Manaus, AM. (19) Fonte: Luizão et al., 1999, redesenhado

Um trabalho recente no nordeste paraense (da Embrapa-Amazônia Oriental, associado ao Projeto LBA) implantou ensaios de re-utilização de capoeiras para novos cultivos agrícolas, sem uso do fogo na preparação da área. Na fase de abandono de cultivos agrícolas, a capoeira foi melhorada com o plantio de árvores de rápido crescimento (principalmente leguminosas do gênero *Acacia*), para garantir a formação de uma biomassa maior e de melhor qualidade quanto ao conteúdo de nutrientes. Após um curto período de pousio (reduzido para cerca de 3 anos, em comparação com os 7 anos ou mais geralmente usados), o preparo de área para novo plantio foi feito sem queima da biomassa da capoeira: a biomassa vegetal da capoeira melhorada foi submetida ao corte e imediata trituração (com uso de um triturador acoplado a um trator agrícola), sendo espalhada como cobertura morta do solo, sobre a qual foram feitos os plantios agrícolas (feijão, milho, mandioca, maracujá, etc). O sistema com eliminação do fogo mostrou-se economicamente mais rentável do que o sistema tradicional de derruba e queima, a partir do quinto ano, quando a fauna do solo (especialmente a de macro-invertebrados) é reconstituída (25).

Os sistemas agroflorestais (SAFs), embora às vezes implantados após derruba e queima da floresta, têm sido propostos como alternativas para a recuperação de áreas degradadas (24) e a liteira produzida pelos diferentes sistemas é um dos agentes promotores dessa recuperação. Para que essa contribuição seja mais efetiva, a nova liteira produzida pelos SAFs deve ser diversificada e de qualidade nutricional suficiente para cumprir os seus principais papéis no ecossistema: manter o solo coberto e protegido contra impactos diretos de chuvas e sol, mantendo assim uma melhor umidade no solo; ativar a biota do solo, fornecendo carbono e nutrientes liberados pela decomposição; e contribuir para a formação de uma nova matéria orgânica do solo (4, 15). Isto é conseguido mais rapidamente quando os SAFs são mais diversificados e mais densos, o que se refletiria mais cedo numa produção maior (devido a um dossel mais fechado) e mais diversificada (devido ao maior número de espécies, produzindo materiais de qualidades químicas diferenciadas) de liteira.

Na Amazônia central, numa estação experimental da Embrapa/CPAA, próxima a Manaus, quatro diferentes formulações de Sistemas Agroflorestais (-SAFs) foram implantadas em áreas abandonadas de pastagens, com o obje-

	Estoques	N	P	K	Ca	Mg
	(Mg ha ⁻¹)	Estoques de Nutrientes (kg ha ⁻¹)				
Biomassa	344	1334	107	955	1801	288
Liteira	37	403	11,6	26	180	28
Raízes	41	442	12,3	96	561	49
Solo	230	4581	406	249	3579	425
% chão floresta	47	80	80	28	68	64
Fluxos (kg ha ⁻¹ a ⁻¹)						
Chuvas: entrada		15	10,9	11,6	13,9	3,6
Enriquecimento		32,5	2,7	114	25,9	20,9
Queda de liteira		149	7,3	64,6	137	32
Igarapés: saídas		30	0,7	11,8	63,3	32

Tabela 1. Valores médios dos estoques e fluxos de carbono e nutrientes em florestas tropicais sempre-verdes de baixa altitude (4) Fonte: Anderson & Spencer, 1991

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg
AS1					
Liteira fina	36,8 (54%)	2,35 (72%)	5,76 (48%)	32,7 (92%)	8,64 (80%)
Adubo verde	16,8 (46%)	0,94 (28%)	6,23 (52%)	2,87 (8%)	2,11 (20%)
Total	53,6	3,29	12,0	35,6	10,8
AS2					
Liteira fina	36,3 (60%)	1,90 (59%)	5,01 (37%)	28,7 (84%)	8,58 (45%)
Adubo verde	24,5 (40%)	1,33 (41%)	8,57 (63%)	5,31 (16%)	10,8 (55%)
Total	60,8	3,23	13,6	34,0	19,4
CAP					
Liteira fina= Total	64,1	3,82	12,6	45,2	13,6

Tabela 2: Entrada anual de nutrientes (kg.ha-1) em dois sistemas agroflorestais (AS1, baseado em palmeiras e fruteiras perenes e AS2, multi-estrato, com ampla mistura de fruteiras perenes e espécies madeireiras), ambos com 6 anos de idade, e na sucessão secundária natural (CAP), com 10 anos de idade. Os valores entre parênteses representam a proporção (em %) da contribuição da liteira fina e do adubo verde para o fluxo anual total de nutrientes nos SAFs, via matéria orgânica (29) Fonte: Gallardo-Ordinola, 1999

tivo de produzir fibras e alimentos e, ao mesmo tempo, permitir o seqüestro de carbono pela nova vegetação arbórea em crescimento e recuperar serviços ambientais como o ciclo de nutrientes e o da água no solo. O crescimento das muitas espécies arbóreas utilizadas – palmeiras, fruteiras e espécies madeireiras – foi muito bom e, aos 9 anos de idade, o sistema ASP1 (agrossilvipastoril) tinha biomassa de 33 Mg ha⁻¹, onde a leguminosa arbórea gliricídia representava 31 % do total; o sistema AS2 (multi-estrato) apresentava uma biomassa de 67 Mg ha⁻¹, com dominância da espécie castanheiro-Brasil (46 % do total); o sistema AS1 (fruteiras e palmeiras) tinha uma biomassa de 82 Mg ha⁻¹, sendo que pupunha representava 39 % da biomassa aérea total (26). Nos dois SAFs do tipo agrossilvicultural, o solo estava coberto por liteira abundante, diversificada e de qualidade nutricional supe-

rior à do pousio, deixado como controle do experimento. Juntamente com os adubos verdes, podados nas cercas-vivas de leguminosas (*Gliricidia sepium*) e de leguminosas (*Inga edulis*) plantadas em fileiras dentro dos SAFs, a liteira chegando ao chão dos SAFs representou um bom fornecimento de nutrientes recicláveis do material orgânico produzido, além de fornecer a necessária cobertura e proteção ao solo. Os SAFs também recuperaram uma fauna do solo abundante e diversificada, especialmente dos grupos funcionais dos decompositores e dos engenheiros-do-solo (27).

Aos 6-7 anos de idade, os sistemas AS1 e AS2 produziram pouco mais de 2 Mg ha⁻¹ de liteira fina, ao passo que a capoeira (4-5 anos mais velha) produzia quatro vezes mais, ou seja, cerca de 8 Mg ha⁻¹ (29). No entanto, a melhor qualidade nutricional da liteira produzida pelos SAFs, somada à adição de adubos verdes incorporados aos solos dos SAFs fazia com que as entradas anuais de nutrientes para o solo, via material vegetal depositado sobre sua superfície, fosse similar, ou até mesmos maiores para alguns dos macro-nutrientes essenciais (Tabela 2) (29). A liteira de *Gliricidia sepium*, das cercas vivas, apresenta uma taxa muito alta de decomposição e liberação de nutrientes, enquanto que *Inga edulis*, embora também sendo uma leguminosa, apresenta taxas mais baixas de decomposição e liberação dos nutrientes (29). A adição de adubos verdes de boa qualidade nutricional é uma prática de manejo que parece, então, essencial para que os SAFs sobre solos quimicamente pobres e degradados pelas pastagens ou outro uso anterior, possam atingir mais cedo um equilíbrio na ciclagem de nutrientes e, assim, desenvolver uma maior biomassa e produtividade econômica.

O crescimento da biomassa aérea (bem como radicular) e o contínuo aporte de materiais de melhor qualidade química à superfície do solo induzem um aumento dos estoques de nutrientes depositados na camada de liteira e uma visível melhoria no suprimento de nutrientes minerais no solo superficial (28). Aos 12 anos de idade, além de melhores propriedades físicas, tais como a macro-porosidade e a agregação do solo, os SAFs apresentaram concentrações de P, K e Mg muito maiores na camada superior do solo do que na capoeira (30, 31). Com valores até três vezes maiores, isso foi particularmente evidente para P, elemento crítico e geralmente considerado como limitante à produção vegetal na região.

A melhoria na estrutura física do solo, com melhor agregação e porosidade, permitindo um fluxo mais apropriado de água nos SAFs, influencia os gases do so-

lo, como o metano. A emissão de metano dos sistemas agroflorestais de 9 anos foi similar à da floresta primária, ambas com valores próximos a zero; numa pastagem ativa, vizinha aos SAFs, a emissão foi de 31,7 mg CH₄ m⁻² ha⁻¹, enquanto que na vegetação secundária (controle) foi de 16,5 mg CH₄ m⁻² ha⁻¹.

IMPACTOS AMBIENTAIS DE LONGA DISTÂNCIA E DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA CICLAGEM DE CARBONO E NUTRIENTES

Novas técnicas analíticas e de detecção por satélites e radares têm permitido ampliar o conhecimento (relativamente recente) sobre o papel das deposições atmosféricas, especialmente das partículas de aerossóis, na manutenção do altamente desenvolvido fluxo interno de nutrientes na bacia amazônica. Para isto contribuem tanto as gigantescas nuvens de fumaça originárias de queimadas do Brasil central, do norte da América do Sul, ou de outras regiões, na época seca do ano, como também as poeiras do Sahara – transportadas sobre o Oceano Atlântico, da África para a Amazônia (32). Usando observações de 1 ano do satélite Modis, (33) estimou-se um transporte de 40 milhões de toneladas de poeira por ano do Saara para a Amazônia, constituindo-se na principal fonte de fertilizantes para a Amazônia. Os cálculos atuais avaliam que 50 ± 15 Tg de poeiras da África atingem a Amazônia todo ano, quatro vezes mais do que uma anterior estimativa de 13 Tg (34). Segundo estes autores (R.Swap e outros), haviam sugerido que 50 Tg eram necessários para fechar o balanço de nutrientes da Amazônia. Somente a Depressão Bodélé responde por 50% da poeira do Saara depositada na Amazônia: localizada próxima ao Lago Chad (0,5 % da área da Amazônia), e “enriquecida” com poluentes da África ocidental, supre ferro e nutrientes ao fitoplâncton do mar e à biota na Amazônia (a 5 mil km de distância). Resta prever como as mudanças climáticas globais em curso irão afetar esses processos de transporte de nutrientes a longa distância, bem como os estoques e fluxos de carbono e nutrientes em escalas locais e regionais. Isto é de suma importância, na medida em que se supõe que qualquer modificação no suprimento de nutrientes poderá converter as florestas tropicais em “desertos verdes” (35).

Em escala local ou regional, o efeito das mudanças climáticas pode ser inferido a partir de alguns experimentos em curso ou já realizados no Brasil, como parte do Projeto LBA. Num experimento com exclusão parcial – cerca de 50 % – da chegada de água da chuva ao solo de 1 ha de floresta densa em Santarém, PA (Experimento Seca Floresta/LBA), após três estações chuvosas observou-se uma redução de 42 % (de 2,6 ± 1 para 1,5 ± 0,2 kgN) nas emissões de N₂O do solo; aumento de 18% nas emissões de CO₂ (de 10 ± 0,9 para 11,8 ± 1 MgC); aumento de 144 % nas de NO (de 0,9 ± 0,2 para 2,2 ± 0,5 kgN) e uma forte fixação de CH₄ no solo (de 1,1 ± 1 para -5,3 ± 1 kgCH₄) (1). Ao mesmo tempo, as entradas de N pela liteira fina diminuíram, devido a uma menor produção de liteira, e especialmente de um de seus componentes, o material reprodutivo. O efeito da umidade sobre as emissões de gases do solo detectado no experimento indica que períodos com ocorrência do fenômeno climático El Niño têm menores emissões de N₂O e CH₄ do solo. As mudanças nas emissões de N₂O foram atribuídas às respostas diretas dos processos micro-biológicos ao efeito da aeração do solo sobre a desnitrificação, sem que ainda se observem os efeitos de uma segunda fase dos efeitos da exclusão parcial de chuvas, quando a decomposição de raízes e outros substratos mortos deverão afetar as emissões gasosas do solo (1).

Nos anos isolados em que ocorre o fenômeno climático El Niño, as acentuadas secas resultantes na Amazônia induzem maiores quedas de liteira fina da floresta (36) e uma maior mortalidade de árvores, introduzindo alterações

importantes nos fluxos de carbono e nutrientes dos períodos subsequentes. A decomposição posterior da madeira morta por eventos mais extremos de El Niño, como o ocorrido em 1997, pode ajudar a explicar os resultados de florestas como as de Santarém, PA, comportando-se como fontes de emissão de CO₂ para a atmosfera, enquanto outras florestas funcionavam como reservatório (37), possivelmente crescendo em resposta ao desequilíbrio atual da atmosfera, enriquecida com um excesso de CO₂.

Flávio J. Luizão é ecólogo, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e coordenador regional do Projeto LBA- Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia.

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. E.A. Davidson, P. Artaxo, *Global Change Biology*, 10: 519-529. 2004.
2. C.F. Jordan, *Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation*. John Wiley & Sons. New York. 190p. 1985.
3. E.C.M. Fernandes et al., *Ciência e Cultura - Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science* 49: 34-47. 1997.
4. J.M. Anderson, T. Spencer. *Carbon, nutrient and water balances of tropical rainforest subject to disturbance*. MAB Digest Nº.7. Unesco, Paris, France, 54p. 1991.
5. L.S. Vieira, *Manual de ciência do solo*. Editora Agronômica Ceres. Piracicaba, SP. 384p. 1988.
6. J. Proctor, in *Tropical rain forest ecology*, S.L. Sutton, T.C. Whitmore, A.C. Chadwick, Eds. (Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 267-273. 1983.
7. P.M. Summers, “Estoque, decomposição e nutrientes da liteira grossa em floresta de terra firme na Amazônia central”. Dissertação de mestrado, Inpa/Ufam. Manaus, 103p. 1998.
8. M. Keller et al., *Global change biology*, 10: 784-795. 2004.
9. D. Pauletto, “Estoque e produção de liteira grossa em floresta submetida ao manejo florestal no noroeste de Mato Grosso”. Dissertação de mestrado. Inpa/Ufam. Manaus, AM. 85p. 2006.
10. *Relatório Final Projeto Bionte - Biomassa e Nutrientes na Floresta Tropical Úmida*. INPA/DFID, Manaus, AM. 365p. 1997.
11. F.J. Luizão, *GeoJournal* 19: 407-417. 1989.
12. F.J. Luizão, H.O.R. Schubart, *Experientia*, 43: 259-265. 1987.
13. P.M. Attiwill, M.A. Adams, *New phytologist*, 124: 561-582. 1993.
14. F.M.S. Moreira, J.O. Siqueira, *Microbiologia e bioquímica do solo*. Editora UFLA, Lavras, 626p. (2002).
15. R.C. Luizão, F.J. Luizão, in *Bases científicas para estratégias de desenvolvimento e preservação da Amazônia: fatos e perspectivas*, A. Val, R. Figliuolo, E. Feldberg, Eds. (Inpa. Manaus, Vol.I, pp. 65-75. 1991.
16. D.C. Nepstad et al., *Nature*, 398: 505-508. 1999.
17. H.E.M. Nascimento, W.F. Laurance, *Ecological Applications*, 14: S127-S138. 2004.
18. H.L. Vasconcelos, F.J. Luizão, *Ecological Applications*, 14: 884-892. 2004.
19. R.C.C. Luizão, E.S. Costa, F.J. Luizão, *Acta Amazonica*, 29: 43-56. 1999.
20. G.P. Asner, M. Keller, R. Pereira, Jr., J.C. Zweede, J.N.M. Silva, *Ecological Applications*, 14: S280-S298. 2004.
21. A.R. Townsend et al., *J. Geophys. Res.* 107 (D20): 8067, LBA 1-9. 2002.
22. F. Luizão et al., *Global Biogeochemical Cycles*, 3: 281-285. 1989.

23. I.C.G. Vieira, D.C. Nepstad, S. Brienza Junior, C. Pereira, in *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia*, E.G. Ferreira, G.M. Santos, E.L.M. Leão, L.A. Oliveira, Eds., vol. 2., pp. 43-53 (Inpa, Manaus, 1993).
24. E.M.C. Fernandes et al., *International Symposium Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops*, Turrialba, Costa Rica, pp.24-26. 1999.
25. T.D.A. Sá, O.R. Kato, C.J.R. Carvalho, R.O. Figueiredo, *Revista USP*, 72: 90-97. 2007.
26. K. Macaferry, E. Fernandes, M. Rondon, *II International LBA Science Conference*. Manaus. 2002.
27. S.C. Tapia-Coral, F.J. Luizão, E.V. Wandelli, *Acta Amazonica*, 29: 447-495. 1999.
28. S. Tapia-Coral, F.J. Luizão, E. Wandelli, E.C.M. Fernandes, *Agroforestry Systems*, 65: 33-42. 2005.
29. J.L.E. Gallardo-Ordinola, *Produção e qualidade de liteira em sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre as propriedades químicas do solo*. Dissertação de mestrado. Inpa/FUA, Manaus, 97p. 1999.
30. G.C. Silva, "Fluxos e estoques de nutrientes, colonização por micorrizas arbusculares e influência das raízes na decomposição da liteira em sistemas agroflorestais e vegetação secundária na Amazônia central". Tese de doutorado, Manaus, Inpa/Ufam. 154p. 2005.
31. F.J. Luizão et al., in *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*, A.C. Gama-Rodrigues et al., Eds. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ., pp. 87-100. 2006.
32. P. Artaxo et al., *J. Geophys. Res.*, 107(D20), 8081. LBA 49: 1-14. 2002.
33. I. Koren et al., *Environ. Res. Lett.* 1: 014005. 2006.
34. Swap, R. et al., *Tellus B*, 44: 133-49 1992.
35. J.P. Kimmins, *Forest ecology: a foundation for sustainable management*. 2nd. Edition. Upper Saddle River, NJ. Prentice Hall, 596p. 1997.
36. F.R. Pinto, C.Y. Yano, F.J. Luizão, *XIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC/CNPq*. Inpa, Manaus. pp. 54-55. 2004.
37. J.H.B. Ometto et al., *Oecologia*, 143: 483-500. 2005.
38. Agradeço aos colegas e colaboradores do tema biogeoquímica do projeto LBA, cujas informações foram essenciais para a montagem deste artigo.

INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO NA AMAZÔNIA

Julia Clarinda Paiva Cohen
Josivan da Cruz Beltrão
Adilson Wagner Gandu
Renato Ramos da Silva

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA A bacia amazônica representa a maior extensão de florestas tropicais da Terra, exercendo significativa influência no clima local e global, devido aos fluxos de energia e água na atmosfera. Presume-se que alteração dos ciclos da água, energia solar, carbono e nutrientes, resultantes da mudança no uso da terra na Amazônia possam provocar consequências climáticas e ambientais em escalas local, regional e global (1).

Nas últimas três décadas, a Amazônia vem passando por um processo acelerado de ocupação, que levou a um desmatamento de 14% de sua área (2-3). Esse desmatamento está concentrado em uma faixa, que se estende pelo sul da região desde o Maranhão até Rondônia, denominada "Arco do Desmatamento", representando uma área de transição entre dois dos maiores biomas brasileiros, a Amazônia e o Cerrado, que contém partes preciosas da biodiversidade das duas regiões.

Cenários de mudanças globais indicam um clima de 2 a 6° C mais quente para a Amazônia no final deste século. Esse aquecimento pode ter impacto importante sobre a manutenção do bioma amazônico. É também cada vez mais evidente que a fragmentação da floresta, devido a mudanças do uso de solo, está fazendo a floresta ficar mais suscetível a incêndios, aumentando a inflamabilidade e a taxa de queimadas (4).

O ciclo hidrológico da região amazônica ainda é pouco compreendido, e recentemente, com as atividades do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), foram elucidados mecanismos importantes na formação de nuvens naturais e das influenciadas por partículas de queimadas na Amazônia (4). Observou-se forte supressão da formação de nuvens rasas formadas a partir de aerossóis de queimadas, com possível impacto no ciclo hidrológico (5).

Diversos estudos numéricos com Modelos de Circulação Geral (MCG) foram feitos para avaliar o impacto climático global e regional da substituição total da floresta amazônica por pastagem (6 a 11). Em geral, esses estudos indicam um clima mais quente e seco na região. Entretanto, outros estudos feitos também com MCG mostram resultados opostos, sugerindo que esses modelos são altamente sensíveis aos processos físicos que eles representam. Ao contrário de estudos com MCG, os resultados de modelos de meso-escala, cuja resolução espacial é maior do que àquelas do MCG, observa-se que o desmatamento total da Amazônia não provoca uma diminuição generalizada na precipitação na Amazônia (12,13). No leste da Amazônia, a topografia, o litoral e sistemas de grandes rios têm um importante papel nos padrões anômalos de precipitação, ventos e energia, na simulação de desmatamento total da Amazônia (13).

Estudos observacionais também têm avaliado a influência do desmatamen-

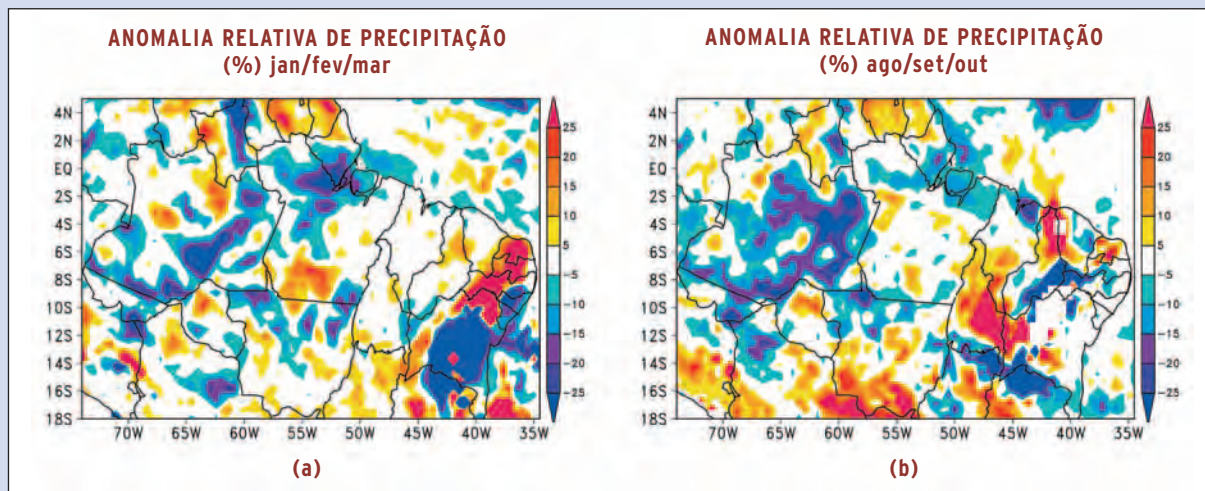


Figura 1

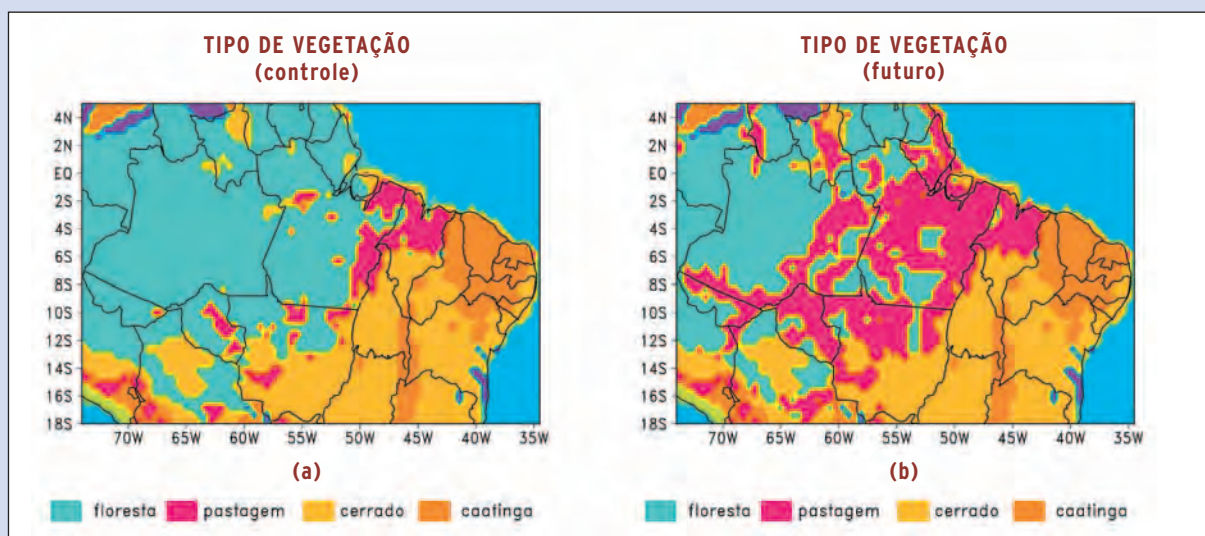


Figura 2

to sobre a chuva (14,15). A comparação de atividade convectiva entre regiões de floresta, savana e desmatadas são maiores na época seca.

Assim, para avaliar **“Como as características da superfície na Amazônia, interferem no clima local e regional”**, apresenta-se resultados de simulações com um modelo regional complexo de alta resolução, onde cenários de uso da terra são utilizados ao invés de fazer a substituição total da floresta por pastagem.

MODELO E SIMULAÇÕES NUMÉRICAS Simulações numéricas foram feitas com o modelo BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System), que representa a versão brasileira do modelo regional RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) (16). Esse modelo apresenta uma completa representação física de processos radiativos e de microfísica de nuvens, ambos com os processos associados aos aerossóis, transportes convectivos associados às nuvens e à turbulência seca, e de interação superfície-atmosfera, incluindo um módulo de vegetação dinâmica GEMTM (General Energy and Mass Transport Model) (17).

A maioria dos MCG e modelos de meso-escala utilizam modelos de superfície da terra com vegetação estática, onde se assume que a distribuição espacial

das espécies, cobertura de vegetação, área foliar e rugosidade, são constantes com o tempo (18-19). No entanto, sabe-se que na natureza variações sazonais e anuais na vegetação são típicas para os ecossistemas terrestres, assim a natureza estática da superfície da terra nos modelos atmosféricos atuais está longe da realidade, e pode conduzir a simulações climáticas com sérios erros (19). Processos de trocas de massa (H_2O e CO_2) e energia entre a superfície da terra e a atmosfera são importantes condições limites para o estudo do clima. Fluxos de calor latente, calor sensível, momentum e CO_2 da superfície são termos fontes e sumidouros nos modelos atmosféricos. Essas trocas de massa e energia são controladas por processos físicos e biológicos no ecossistema solo-planta, tais como: característica espectral da folha, taxa de fotossíntese, estrutura do dossel e textura do solo, que desempenham importante papel no controle dos fluxos de massa e energia entre a superfície e a atmosfera (17). Foram feitas simulações para os **três meses mais chuvosos** (janeiro a março) e **menos chuvosos** (agosto a outubro) observados no ano de 1999. Utilizou-se uma grade com espaçamento horizontal de 60 km, cujas matrizes horizontais e vertical incluem $99 \times 63 \times 34$ pontos. A resolução vertical foi variável com espaçamento inicial de 100 metros na camada mais baixa do modelo, aumentando para cima pelo fator de 1,15 até o espaçamento vertical atingir

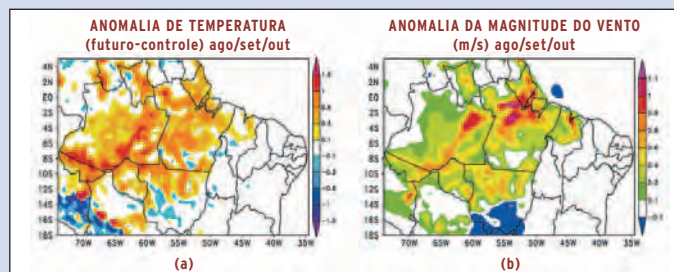


Figura 3

1000 metros, e é então mantido até o topo do modelo (22 km). A inicialização do modelo foi variável e utilizou as análises do modelo global do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) que também foi utilizado como condição de fronteira para a região simulada, com atualização a cada 6 horas. Como condições de contorno na superfície e dados de entrada no sub-modelo de interação superfície-atmosfera foram utilizadas a distribuição da cobertura vegetal, obtida através de modelo empírico de dinâmica de desmatamento, que simulou os impactos da pavimentação das rodovias no avanço do desmatamento ao longo da Amazônia (20). Esses mapas de classe de vegetação foram produzidos para dois casos distintos. No primeiro caso, chamado de “sem governança”, as forças de destruição/desmatamento ocorrem sem efetiva contraposição. No segundo caso, chamado “governança”, os vários seguimentos da sociedade, em conjunto com o Estado, desempenham um importante papel em prol da utilização regulada dos recursos naturais e consequente conservação da integridade ambiental da bacia amazônica. Nessas simulações utilizam-se os dois cenários de cobertura vegetal, um para o ano de 2002 (Figura 1.a) e o outro para 2050 (Figura 1.b), ambos “sem governança”. Observa-se que a classes de vegetação dominantes nesse domínio são a floresta, pastagem, cerrado e caatinga as quais estão ressaltadas. Defini-se como experimento “controle” aquele gerado com as condições de superfície encontrada no cenário de desmatamento de 2002 e experimento “futuro” para aquele que utilizou o cenário de desmatamento de 2050.

RESULTADOS Para o experimento “controle”, a quantidade acumulada de chuva gerada pelo modelo foi superestimada em relação ao valor observado, no entanto a distribuição espacial da precipitação mensal acumulada para os três meses chuvosos e os três meses menos chuvosos do ano de 1999, mostrou-se concordante com os mapas observados.

A diferença da chuva gerada entre os experimentos “futuro” e “controle” mostram a anomalia da chuva devido ao cenário de desmatamento encontrado em 2050 sem governança (Figura 2). A substituição da floresta por pastagem mostrou redução de chuva em determinadas regiões e aumento em outras, tanto no período chuvoso como no período menos chuvoso. No estado do Pará há redução da chuva de até 25% no período chuvoso, tendo diminuído para até 15% no período menos chuvoso. Entretanto, no interior da Amazônia, no estado do Amazonas, observou-se que a chuva é reduzida em maior magnitude e área de abrangência no período menos chuvoso. Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos tanto com a substituição total da floresta por pastagem (13) ou com cenários de usos da terra (12). Assim, observa-se que a expansão do arco do desmatamento não provoca uma redução generalizada da precipitação como encontrado nos resultados de MCG. (6 a 11)

Nos dois períodos, observou-se um aumento de temperatura na maior parte da região amazônica. Porém, no período menos chuvoso, o máximo aquecimento (maior que 1° C) esteve localizado nas regiões mais desmatadas no leste do estado do Amazonas e na divisa com o Acre (Figura 3a).

Outro aspecto importante foi o aumento da velocidade média do vento próximo à superfície, na região costeira e ao longo dos grandes rios. Esse resultado está associado à redução no coeficiente de rugosidade, decorrente do desmatamento, que promove um aumento da velocidade do vento nessas regiões, principalmente no período menos chuvoso.

DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS No presente trabalho, dois grandes avanços permitiram importantes melhoras na representação e entendimento do impacto do desmatamento na Amazônia. Inicialmente, o modelo usou cenários mais realísticos da esperada mudança da cobertura vegetal devido ao desmatamento. Adicionalmente, o modelo climático utilizou um esquema de vegetação dinâmica propiciando mudanças em suas características estruturais em função das condições climáticas.

O impacto do desmatamento obtido mostra uma Amazônia mais seca e quente, no entanto a magnitude dessas mudanças é menor se comparada com resultados de experimentos usando MCGs. (6 a 11)

Estudos recentes sugerem que para representar melhor os processos meteorológicos locais, tais como as grandes linhas de instabilidade, uma resolução melhor precisa ser usada (21). Simulações com resolução de 20 km estão em fase de produção e deverão ser publicadas em breve.

Julia Clarinda Paiva Cohen é graduada em meteorologia pela UFPA, com mestrado em meteorologia pelo Inpe e doutorado em ciências atmosféricas pela USP. Atualmente é professora associada I do Departamento de Meteorologia, Centro de Geociências da UFPA e docente do Programa de Pós-Graduação Interinstitucional (UFPA-MPEG-Embrapa) em ciências atmosféricas com enfoque multidisciplinar.

Josivan da Cruz Beltrão é graduado em física pela UFPA. Atualmente é aluno do curso interinstitucional (UFPA-MPEG-Embrapa) de mestrado em ciências ambientais e bolsista do Programa de Bolsas de Estudo Para a Conservação da Amazônia (Beca), financiado pelo Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB).

Adilson Wagner Gandú é graduado em física pela USP, com mestrado e doutorado em ciências atmosféricas pela USP. Atualmente é professor doutor no Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP, e docente no Programa de Pós-Graduação Interinstitucional (UFPA-MPEG-Embrapa) em ciências atmosféricas com enfoque multidisciplinar e em ciências atmosféricas da USP.

Renato Ramos da Silva é graduado em física pela USP, com mestrado em meteorologia pelo Inpe e doutorado em engenharia civil e ambiental pela Duke University. Atualmente é pesquisador no Departamento de Meteorologia, Centro de Geociências da UFPA e professor permanente do Programa de Pós-Graduação Interinstitucional (UFPA-MPEG-Embrapa) em ciências atmosféricas com enfoque multidisciplinar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nobre, C.A.; Oyama, M.D.; Oliveira, G.S.; Marengo, J.A.; Salati, E. “Impact of climate change scenarios for 2100 on the biomes of South America. First International” - CLIVAR Conference, Baltimore, USA, 21-25, 2004.
2. Prodes - Programa de desmatamento da Amazônia - Monitoramento da floresta amazônica por satélite, Inpe/Ibama, 2005.
3. Nepstad, D.; Carvalho, G.; Barros, A.C.; Alencar, A.; Capobianco, J.P.; Bishop, J.; Moutinho, P.; Lefebvre, P.; Silva, U.L.; Prins, E. “Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests”. *Forest Ecology and Management* 154:395-407, 2001.
4. Andreae, M.O.; Rosenfeld, D.; Artaxo, P.; Costa, A.A.; Frank, G. P.; Longo, K.M.;

- Silva-Dias, M.A.F. "Smoking rain clouds over the Amazon". *Science*, Vol 303, 1342-1345, 2004.
5. Silva Dias, M.A.F.; Artaxo, P. Andreae, M.O. "Aerosols impact clouds in the Amazon Basin". *GEWEX. Newsletter*, Vol. 14, No. 4, pág. 4-6, 2004.
 6. Nobre, C.A.; Sellers, P.J.; Shukla, J. "Amazonian deforestation and regional climate change". *Journal of Climate* 1991 4: 957-988, 1991.
 7. Lean, J.; Bunton, C.B.; Nobre, C.A.; Rowntree, R.L. "The simulation of Amazonian deforestation on climate using measured Abracos vegetation characteristics". In GASH, J.H.C. et al. *Amazonian deforestation and climate*. Chichester (England): John Wiley & Sons Ltd., 611 pp., 1996.
 8. Manzi, A.O.; Planton, S. "A simulation of Amazonian deforestation using a GCM calibrated with Abracos and Arme data". In Gash, J.H.C. et al. *Amazonian deforestation and climate*. Chichester (England): John Wiley & Sons Ltd., 611 pp., 1996.
 9. Costa, M.R.; Foley, J.A. "Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO₂ concentrations on the climate of Amazonia". *J Climate*, 13:18-34, 2000.
 10. Werth D.; Avissar, R. "The local and global effects of Amazon deforestation". *J. Geophys Res.* 107(D20):artigo nº. 8087, 2002.
 11. Correia, F. W. Alvalá, R. C. S, Manzi, A. "O impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA)". *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3, -15, 2006.
 12. Correia, F. W. Alvalá, R. C. S, Manzi, A. "Modeling the impacts of land cover change in Amazonia: a regional climate model (RCM) simulation study". Aceito para publicação na *Theoretical and Applied Climatology*.
 13. Gandu, A.W.; Cohen, J.C.P.; Souza, J.R.S. "Simulation of deforestation in eastern Amazonia using a high-resolution model". *Theoretical and Applied Climatology*, v. 78, 2004.
 14. Durieux, L.; Machado, L.A.T.; Laurent, H. "The impact of deforestation on cloud cover over the Amazon arc of deforestation". *Remote Sensing of Environment* 86:132-140, 2003.
 15. Negri, A.J.; Adler, R.F.; Xu, L.; Surratt, J. "The impact of Amazonian deforestation on dry season rainfall". *Journal of Climate* 17: 1306-1319, 2004.
 16. Cotton, W.R.; Pielke, R.A.; Walko, R.L.; Liston, G.E.; Tremback, C.J.; Jiang, H.; Mcanelly, R.L.; Harrington, J.Y.; Nicholls, M.E.; Carrio, G.G.; Mcfadden, J.P. "RAMS 2001: Current status and future directions". *Meteorol Atmos Phys* 49:69-91, 2003.
 17. Chen, D.; Coughenour, M. B. "GEMTM: a general model for energy and mass transfer of land surfaces and its application at the FIFE sites". *Agricultural and forest meteorology*. vol. 68, no3-4, pp. 145-171 (2 p.1/2), 1994.
 18. Sellers, P.J.; Hall, F.G.; Strebel, D.E.; Asrar, G.; Murphy, R.E. "Satellite remote sensing and field experiments". In: Hobbs, R.J.; Mooney, H.A. *Remote sensing of biosphere functioning*. Ecological studies 79. Springer, New York, pp. 169-219, 1990.
 19. Henderson-Sellers, A. Pitman, A. J. "Land-surface schemes for future climate models: specification, aggregation, and heterogeneity". *J. Geophys. Res.*, 97: 2687-2696, 1992.
 20. Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.C.; Curran, L. et al. "Cenários de desmatamento para a Amazônia". *Estudos Avançados*, vol. 19, no. 54 , pp. 137-152, 2005.
 21. Ramos-da-Silva, R.; Werth, D.; Avissar, R. "Regional impacts of future land-cover changes on the Amazon basin wet-season climate". *Journal of Climate*, aceito, 2007.

BALANÇO DE UMIDADE NA AMAZÔNIA E SUA SENSIBILIDADE ÀS MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL

Francis Wagner Silva Correia
 Antonio Ocimar Manzi
 Luiz Antonio Cândido
 Rosa Maria Nascimento dos Santos
 Theotônio Pauliquevis

A Amazônia é a maior floresta tropical úmida do mundo com uma área total de aproximadamente 7 milhões de km², o que representa cerca de 56% das florestas tropicais da Terra. A floresta é cortada pelo rio Amazonas e seus afluentes representando a maior rede fluvial do globo e respondendo por aproximadamente 20% do total de água doce despejado nos oceanos do planeta. Ela está posicionada nos trópicos, onde as trocas de energia entre a superfície continental e a atmosfera são bastante intensas. Mudanças nos ecossistemas amazônicos podem provocar impactos na circulação atmosférica, no transporte de umidade para e da região e, consequentemente, no ciclo hidrológico, não somente sobre a América do Sul, mas em outras partes do mundo (1 - 4). A precipitação média anual na bacia amazônica é de aproximadamente 2300 mm, apresentando regiões com precipitação superior a 3000 mm no oeste, noroeste e litoral norte da Amazônia (5). O regime de precipitação na Amazônia é modulado por sistemas dinâmicos de microescala, mesoescala e escala sinótica. Dentre os sistemas de escala sinótica atuantes nessa modulação, destacam-se as zonas de convergência associadas às circulações térmicas diretas (circulações de Hadley e Walker) e os aglomerados convectivos que constituem a Zona de Convergência do Atlântico Sul (6). Como sistemas de mesoescala (e escala sub-sinótica) de maior influência, podem-se citar os conglomerados de nuvens *Cumulonimbus* associados às linhas de instabilidades originadas pela circulação de brisa marítima na costa do Atlântico (7). A convecção local, devida ao aquecimento diurno da superfície, também contribui com a formação de nuvens de verão e uma parcela significativa das chuvas anuais. Esses sistemas convectivos conduzem a uma intensa variabilidade espacial e temporal no ciclo hidrológico na Amazônia. A realização de vários experimentos nos últimos anos tem conduzido a um melhor entendimento da interação biosfera-atmosfera e de sua influência na formação de nuvens e chuvas no decorrer do ano e em diferentes regiões na bacia amazônica (8, 9).

BALANÇO DE UMIDADE NA AMAZÔNIA Os componentes do ciclo hidrológico de uma região continental são: a precipitação; a evaporação ou evapotranspiração; a drenagem para os rios, pelo escoamento superficial e profundo; a convergência de umidade pela atmosfera, devido ao transporte de vapor de água de (ou para) outras regiões; e as variações na quantidade de água armazenada na atmosfera, nos solos e em reservatórios subterrâneos. Para um período longo, de dezenas de anos, pode-se considerar, em geral, que as

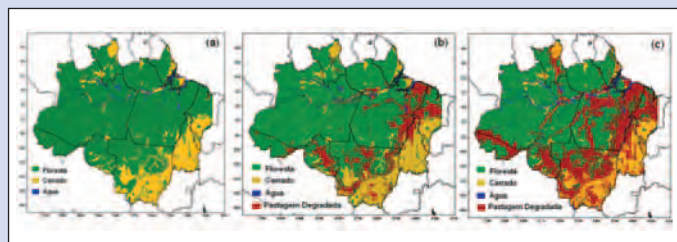


Figura 1 - Cenários de desflorestamento usados nas simulações numéricas com o modelo climático do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-Inpe): (a) Cenário para a simulação de controle; (c) Cenário atual de desflorestamento; (c) Cenário referente ao ano de 2033.

variações na quantidade de água armazenada na atmosfera e no solo são muito menores que nos outros componentes. Portanto, é possível pensar que a descarga dos rios nos oceanos é igual ao excedente de precipitação em relação à evapotranspiração, e que esse excedente é devido ao transporte de umidade de outras regiões pela atmosfera, ou seja, igual à convergência de umidade. Porém, o cálculo preciso dos componentes do balanço de água na bacia amazônica é dificultado pela falta de uma rede de observações adequada. A rede existente apresenta descontinuidade espacial e temporal de medidas hidrometeorológicas. Os primeiros estudos do balanço de umidade na Amazônia utilizaram dados de precipitação, poucas informações de ar superior (radiossondagens) e de descarga de rios de estações na Amazônia; já, nas últimas décadas, foram sendo gerados dados com melhor resolução espacial e temporal a partir de observações feitas por satélites, estações de superfície e modelos meteorológicos (análises ou reanálises elaboradas por centros meteorológicos operacionais). Esses novos conjuntos de dados têm permitido estudos mais detalhados dos componentes do ciclo hidrológico na escala da bacia. Exemplos de dados de modelos são as reanálises dos centros norte-americanos de previsão ambiental e de pesquisa atmosférica (National Center for Environmental Prediction – NCEP / National Center for Atmospheric Research – NCAR) e as do Centro Europeu de Previsão de Tempo de Médio Prazo (European Centre for Medium Range Weather Forecast – ECMWF). Uma revisão dos resultados de vários estudos de balanço de água na bacia amazônica realizados nas últimas décadas é apresentada por J.A.Marengo (10). As diferenças nos resultados são decorrentes das variadas fontes de dados hidrometeorológicos. Na maioria desses estudos, as medidas de descarga do rio Amazonas foram realizadas em Óbidos – AM (01°55'S, 55° 28'W), com valores médios anuais da ordem de 175000 m³s⁻¹ (equivalente a uma lâmina de água de 2,5 mm dia⁻¹, distribuída uniformemente por toda a superfície da bacia, que drena para os rios). Contudo esse valor não representa o total da descarga na foz do rio Amazonas, uma vez que não considera as águas provenientes dos rios Xingú e Tocantins. A descarga observada na foz do rio Amazonas é estimada em 210000 m³ s⁻¹ ou 2,9 mm dia⁻¹ (11). Valores de evapotranspiração (EP) também variam de estudo para estudo. Medidas diretas e contínuas de fluxo de evapotranspiração acima da floresta, utilizando a técnica de covariâncias de vórtices turbulentos, foram feitas durante o Anglo Brazilian Climate Observational Study (Abracos) e estão sendo realizadas no Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) em diferentes pontos na Amazônia. Por exemplo, alguns especialistas (12) observam valores médios de evapotrans-

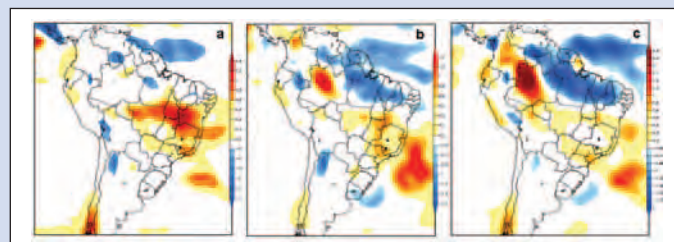


Figura 2 - Média anual da diferença na precipitação (mm dia⁻¹) nos experimentos com: (a) cenário de alterações atuais; (b) previstas para o ano de 2033 e (c) desflorestamento de grande escala na bacia amazônica. As cores vermelhas significam aumento e as azuis redução na precipitação.

piração de 3,9 mm dia⁻¹ no leste da Amazônia e de 3,7 mm dia⁻¹ na porção central e sul e (13) obtiveram valores de 3,6 mm dia⁻¹ e 3,8 mm dia⁻¹ para as estações úmida e seca, respectivamente, em uma floresta no sudoeste da Amazônia. Outros relatos (14) mostram um valor médio anual de 3,5 mm dia⁻¹ na região de Santarém (PA), uma das mais secas da Amazônia, enquanto (15) e (16) se encontraram valores de 3,8 mm dia⁻¹ e 3,9 mm dia⁻¹, respectivamente, para a região de Manaus. Esses valores de evapotranspiração são ligeiramente maiores que a média espacial de toda a bacia. Portanto, pode-se considerar que a evapotranspiração média da bacia amazônica não deve ser inferior a 3,5 mm dia⁻¹ nem superior a 4,0 mm dia⁻¹. Para amenizar a deficiência da rede observacional de superfície são utilizados dados de precipitação gerados a partir de satélites meteorológicos e, também, de modelos numéricos (análise ou reanálise), que também têm limitações e resultam em valores discrepantes de precipitação média para a bacia. No artigo de revisão de estudos do ciclo hidrológico da bacia amazônica (10), valores médios anuais de precipitação de diferentes climatologias variaram de 5,5 a 7,9 mm dia⁻¹. Outro componente importante do balanço de umidade é a convergência de umidade integrada verticalmente na atmosfera sobre a área. Para o cálculo dessa variável foram necessários dados de umidade específica do ar e velocidade do vento, em vários níveis na atmosfera. Por exemplo, (17) obtiveram para um período de 5 anos de dados de re-análises do ECMWF o valor de 1,3 mm dia⁻¹ para a convergência de umidade na bacia amazônica e (11), utilizando reanálises do NCEP/NCAR, obteve o valor de 1,4 mm dia⁻¹, bem próximo do obtido por (17), mas bem menor que a descarga do rio Amazonas no oceano Atlântico, de 2,9 mm dia⁻¹. Para a avaliação dos componentes do balanço de umidade na bacia amazônica para um longo período, admitindo-se que não haja modificação nos estoques de água subterrânea, a precipitação média deve ser balanceada pela soma da evapotranspiração com a descarga do rio Amazonas no oceano Atlântico e a convergência de umidade na atmosfera deve se igualar à descarga do rio. Contudo, a maioria dos estudos de balanço de água na Amazônia apresenta diferenças entre a convergência de umidade e descarga do rio (11, 18, 19). Esse “desbalanço” é devido às incertezas na determinação dos valores médios anuais de cada componente. Todavia, as incertezas no valor da descarga média anual do rio Amazonas são bem menores que as incertezas no valor da convergência de umidade obtidas das reanálises. Para uma descarga anual de 2,9 mm dia⁻¹ e uma taxa anual mínima de evapotranspiração de 3,5 mm dia⁻¹ a precipitação anual média deveria ser de pelo menos 6,4 mm dia⁻¹ ou aproximadamente 2300 mm (concordando com os valores observados).

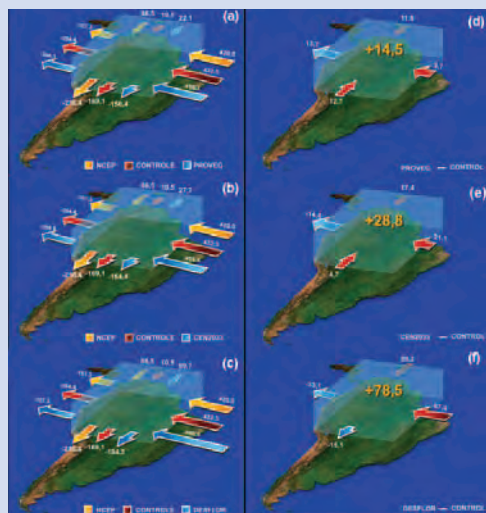


Figura 3 - Mudanças no balanço de umidade sobre a área selecionada (13,1oS - 4,0oN; 74,3oW - 51,6oW) (106 x kg s⁻¹) na média anual. O lado esquerdo apresenta o fluxo de umidade integrado verticalmente nas fronteiras leste, oeste, norte e sul. As cores amarela, vermelha e azul correspondem aos dados de reanálises do NCEP, da simulação de controle e das simulações com os cenários de alterações atuais, previstas para o ano de 2033 e desflorestamento de grande escala na bacia amazônica utilizando o modelo climático do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-Inpe), respectivamente. No lado direito apresenta o balanço de umidade em cada fronteira representada pela diferença entre a simulação de controle e as simulações correspondentes a cada cenário de desflorestamento. As setas em vermelho (azul) significam aumento para dentro (fora) do domínio.

RECICLAGEM DE ÁGUA NA AMAZÔNIA Uma parcela importante das chuvas da Amazônia é alimentada pela evapotranspiração dos seus ecossistemas, pois a evapotranspiração média anual corresponde a 55 - 60% da precipitação. Porém, isso não significa que toda a evapotranspiração gerada na Amazônia é convertida em precipitação na própria região. No período da estação chuvosa, a taxa de precipitação é geralmente maior que o dobro da taxa de evapotranspiração, o que implica que a maior parte da umidade necessária para gerar as chuvas é transportada de fora da região, no caso do oceano Atlântico, pelos ventos alísios (que sopram predominantemente de leste). O conceito de reciclagem de água refere-se à contribuição local da evapotranspiração para a precipitação total sobre uma região, e pode ser definida como a quantidade de água evaporada da superfície terrestre, em uma certa região, que retornará na forma de precipitação sobre essa mesma região. Vários estudos têm sido realizados com objetivo de estimar a reciclagem de água na Amazônia utilizando tanto dados observados e de reanálises (20, 21, 22), como também dados obtidos através de modelos numéricos (23). Os estudos pioneiros realizados na Amazônia encontraram que aproximadamente metade da precipitação na bacia amazônica é proveniente da evapotranspiração local (24, 25, 26), entretanto essas avaliações consideravam que toda evapotranspiração era transformada em precipitação na própria re-

gião. Estudos que consideram os transportes horizontais de umidade associados à evapotranspiração regional, como por exemplo, os de (20) e (18), têm estimado uma reciclagem média anual em torno de 20% a 35%, bem menores que as estimativas propostas por trabalhos anteriores (24 e 26). A quantificação da reciclagem de água é um forte indicador da importância dos processos de superfície no ciclo hidrológico, e também um indicador da sensibilidade climática relacionada às alterações nesses processos. Mesmo que a contribuição da reciclagem regional de água não seja tão significativa quanto se avaliou inicialmente, ela ainda representa uma considerável porção do balanço de água regional; assim sendo, mudanças na cobertura vegetal decorrentes de desflorestamentos, que levem à diminuição da evapotranspiração, modificarão o balanço de água, com consequências na Amazônia e nas regiões vizinhas.

IMPACTOS CLIMÁTICOS DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA Os efeitos do desmatamento da Amazônia sobre o clima regional têm sido avaliados através de estudos observacionais e de modelagem. Os primeiros estudos observacionais buscaram quantificar os impactos da substituição de florestas por pastagens no microclima (modificações na temperatura e umidade do ar e na evapotranspiração, por exemplo) e compreender os processos de interação biosfera-atmosfera nos trópicos. Os experimentos observacionais mostram redução da absorção de radiação solar à superfície (pastagem reflete mais radiação que a floresta) e redução da evapotranspiração e da umidade do ar na pastagem em comparação com a floresta, mas não são conclusivos com respeito a modificações na precipitação. Uma diminuição média de 20% na evapotranspiração da pastagem na estação chuvosa e de até 40% na estação seca, em um período de 4 anos de medidas, foi observada em dois sítios experimentais do LBA na região sudoeste da Amazônia (13). A maior redução da evapotranspiração da pastagem na estação seca é consequência da menor profundidade da zona de raízes das gramíneas em comparação com a floresta. Assim, o estoque de água disponível para transpiração das plantas é muito inferior na pastagem do que na floresta. Ainda, por conta da menor densidade de folhas da pastagem, diminui a perda de água por interceptação (água da chuva que fica na folhagem da vegetação e é evaporada logo após o evento). Apesar do maior percentual de refletividade da radiação solar pela pastagem, a temperatura do ar sobre ela tende a aumentar em resposta à diminuição da evapotranspiração. A parcela de energia que deixa de ser utilizada para a mudança de fase de água líquida para vapor é utilizada para aquecer a vegetação e o solo da superfície e o ar que está logo acima (pastagem mais quente e seca). Nas últimas décadas, modelos climáticos têm sido utilizados para avaliar os possíveis impactos do desmatamento total da floresta amazônica no clima. A maioria desses estudos apresenta como resultado reduções anuais na precipitação de 5 a 20% e na evapotranspiração de 20 a 30% e aumento na temperatura do ar próximo à superfície de 1 a 4 oC (3, 27, 28, 29, 30). Mudanças na convergência de umidade ainda são uma questão contraditória nos diferentes experimentos de desmatamento com modelos. Enquanto a maioria apresenta redução na convergência de umidade, outros estudos mostram um aumento (4). Utilizando modelos de maior resolução e cenários de desmatamento apropriados (3) avaliaram os impactos climáticos decorrentes, comparando três diferentes cenários de desflorestamento (alterações atuais, previstas para o ano de 2033 e desflorestamento de toda a bacia) com um em que a Amazônia está intacta (Figura 1). Em todos os cenários observou-se um mecanismo de retroalimenta-

ção (*feedback*) negativo, uma vez que o aumento na convergência de umidade agiu no sentido de minimizar os efeitos da redução na evapotranspiração. No cenário de desmatamento atual (referente ao ano de 2003), o aumento da convergência de umidade anulou o efeito de redução na evapotranspiração, conduzindo a um aumento na precipitação na região desmatada. O aumento da cobertura de nuvens e precipitação sobre áreas desflorestadas em meio a grandes áreas de floresta na Amazônia tem sido observado por análises de dados de satélites (31, 32) e estudos com modelos numéricos regionais (33), sugerindo um mecanismo típico de circulação local. Em áreas desflorestadas, o ar próximo à superfície torna-se mais aquecido que a floresta circundante, levando o ar mais frio e úmido da floresta para a área desmatada. O ar úmido sobe sobre a área desflorestada formando nuvens e, havendo umidade suficiente, pode haver um aumento da precipitação. Nos demais cenários, embora haja um aumento na convergência de umidade, a redução na evapotranspiração é mais significativa, conduzindo a um déficit de precipitação na região, principalmente na estação seca. A ausência de um período seco mais longo aparentemente sustenta a atual floresta tropical e o aumento na duração da estação seca pode ter consequências ecológicas importantes; entre outros efeitos, o de aumentar a suscetibilidade à ocorrência de fogo em áreas de bordas das florestas (3). Na escala da bacia, houve redução na precipitação total quando toda a floresta amazônica foi substituída por pastagem, mas a distribuição espacial não foi homogênea, apresentando diminuição na parte leste da bacia e aumento na porção oeste (Figura 2). Essas mudanças na precipitação estão relacionadas às alterações na evapotranspiração, convergência horizontal de umidade e nos movimentos ascendentes da atmosfera, necessários à formação de nuvens e ocorrência de precipitação. No caso de desmatamento existem dois mecanismos que competem entre si: 1. uma circulação convergente direta na camada limite planetária governada por um aumento na temperatura da superfície; e, 2. uma circulação divergente na camada limite devido à redução na precipitação e no calor latente (resfriamento da camada). Para todos os cenários observou-se um balanço de umidade positivo (mais umidade sendo transportada para a bacia), com mudanças mais significativas no cenário de desflorestamento de grande escala, sendo os transportes de umidade de leste e norte os principais responsáveis por esse aumento (Figura 3). As mudanças no transporte de umidade para as regiões central e sul da América do Sul apresentaram diferentes resultados para cada cenário de desmatamento. Nos cenários de alterações atuais e previstas para o ano de 2033, observou-se uma redução no transporte de umidade na fronteira sul da bacia, enquanto no cenário de desflorestamento de grande escala foi verificado um aumento. Diante de todos esses resultados, verificou-se que mudanças nos ecossistemas amazônicos devem provocar impactos no balanço de umidade da atmosfera e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico, não somente sobre a Amazônia, mas em outras partes da América do Sul. Além disso, inicialmente o efeito do desmatamento pode ser de intensificação dos gradientes horizontais de temperatura e umidade, induzindo a um aumento da precipitação associado a circulações locais. Esse aumento pode existir enquanto o suprimento de umidade for suficiente para manter a precipitação a o desmatamento não atingir grandes áreas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS No balanço anual, a região amazônica é um grande importador de vapor de água, especialmente do oceano Atlântico. O transporte de vapor do oceano contribui com aproximadamente três quar-

tos da umidade que circula anualmente na região. O outro quarto é produzido pelo processo de evapotranspiração. As chuvas anuais são de aproximadamente duas vezes a evapotranspiração total, ou seja, metade de toda a umidade que circula na bacia. Isso significa que a Amazônia exporta, e re-exporta, uma quantidade anual de umidade que é de aproximadamente duas vezes o total da precipitação regional ou, ainda, quatro vezes a sua evapotranspiração. Aproximadamente metade é transportada em direção ao sul da América do Sul e a outra metade em direção ao oceano Pacífico e Caribe. Entre 20 e 35% das chuvas regionais são alimentadas pela evapotranspiração gerada na própria bacia. Embora nem toda a evapotranspiração se transforme em chuva na bacia, sua contribuição para as chuvas anuais é muito significativa e alterações nos usos da terra têm impactos importantes. A substituição de florestas por pastagens na Amazônia reduz a taxa anual de evapotranspiração e modifica a circulação atmosférica, com efeitos locais e remoto. Um desflorestamento de pequenas proporções pode levar até a um aumento da precipitação sobre a área desmatada, isso por conta de circulações locais induzidas por diferenças de temperatura entre a floresta e a área desmatada. Porém, um desflorestamento em grande escala traz grandes modificações à circulação atmosférica da região e grandes impactos hidrológicos, com reduções e aumentos de precipitação, em grandes áreas da bacia e até em regiões vizinhas e remotas. A simulação de desflorestamento total da Amazônia acima descrita e realizada com o modelo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (Inpa), indicou uma diminuição de evapotranspiração, que foi compensada por um aumento do transporte de umidade proveniente do oceano e resultou em um pequeno aumento no transporte de umidade para a região central da América do Sul. Entretanto, esses resultados parecem ser dependentes dos próprios modelos climáticos. As incertezas atuais na quantificação dos componentes do balanço hidrológico da Amazônia, especialmente por conta de uma rede de observações deficitária, deverão perdurar, pois as mudanças climáticas globais, além de provocar aumento de temperatura, certamente afetarão a circulação atmosférica e o regime de chuvas da bacia amazônica.

Francis Wagner Silva Correia é físico, coordenador e professor do curso de meteorologia tropical da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e pesquisador no Núcleo de Modelagem Climática e Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).

Antonio Ocima Manzi é físico, gerente executivo do projeto LBA e coordenador do Núcleo de Modelagem Climática e Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).

Luiz Antonio Cândido é meteorologista, pesquisador da coordenação de pesquisa em clima e recursos hídricos do Inpa.

Rosa Maria Nascimento dos Santos é meteorologista, pesquisadora no Núcleo de Modelagem Climática e Ambiental do Inpa.

Theotônio Pauliquevis é físico pela Universidade de São Paulo, bolsista do CNPq, desenvolvendo projetos de pesquisa sobre interação entre aerossóis e nuvens na Amazônia junto ao Núcleo de Modelagem Climática e Ambiental do Inpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Voldoire, A. "Tropical deforestation and climate variability". *Climate Dynamics*, 22, 857-874, 2004.
2. Costa, H. M. "Effects of Amazon deforestation on the regional climate historical perspective, current and future research". *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2006.
3. Correia, F. W. "Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de

- água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera" (MCGA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2006.
4. D'Almeida, C. "The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution". *International Journal of Climatology*, 2007.
 5. Figueroa, S. "Precipitation distribution over central and western tropical South America", *Climanálise*, 1990.
 6. Satyamurty, P. "Tropics - South America". In: D. J. Karoly; D. G. Vincent. (-Org.). *Meteorology of the Southern Hemisphere*. Boston: Meteorology Monograph, 1998.
 7. Coehn, J.C.P. "Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study". *Monthly Weather Review*, 1995.
 8. Garstang, M. "Amazon coastal squall lines. Part I: Structure and kinematics". *Monthly Weather Review*, 1994.
 9. Silva-Dias, M.A.F. "A case study of convective organization into precipitating lines in the southwest Amazon during the WETAMC and TRMM-LBA". *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 2002.
 10. Marengo, J. A. "On the hydrological cycle of the amazon basin: a historical review and current state-of-the-art." *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2006.
 11. Marengo, J. A. "The characteristics and variability of the atmospheric water balance in the amazon basin: spatial and temporal variability". *Climate Dynamics*, 2005.
 12. Rocha, H. R. "A vegetation-atmosphere interaction study for Amazonian deforestation using field data and single column model". *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, 1996.
 13. von Randow, C. "Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in southwest Amazonia". *Theoretical Applied Climatology*, 2004.
 14. Rocha, H. R. "Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia". *Ecological Applications*, 2004.
 15. Shuttleworth, W. J. "Evaporation from Amazonian rain forest". *Proc. Roy. Soc. B*, 1988.
 16. Tomasella J.; "Water balance of an Amazonian micro-catchment". *Hydrological Processes*. No prelo
 17. Rao, V. B. "Annual variations of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America". *Journal of Geophysical Research*, United States, 1996.
 18. Costa, M. H. "Trends in the hydrologic cycle of the Amazon Basin". *Journal of Geophysical Research*, Estados Unidos, 1999.
 19. Roads, J. "CSE water and energy budgets in the NCEP-DOE Reanalyses". *Journal of Hydrometeorological*. 2002.
 20. Brubaker, L. "Estimation of continental precipitation recycling". *Journal of Climate*, 1993.
 21. Eltahir, E. A. "The role of vegetation in sustaining large-scale atmospheric circulations in the tropics", *Journal of Geophysical Research*, 1996.
 22. Trenberth, K. "Atmospheric moisture recycling: role of advection and local evaporation". *Journal of Climate*, 1999.
 23. Bosilovich, M. "Water vapor tracers as diagnostics of the regional hydrologic cycle". *Journal of Hydrometeorological*, 2002.
 24. Molion, L. C. "A climatonic study of the energy and moisture fluxes of the Amazon basin with considerations of deforestation effects". Ph. D. thesis. University of Wisconsin, Madison, 1975.
 25. Lettau, H. "Amazonia's hydrological cycle and role of atmospheric recycling in assessing deforestation effects". *Monthly Weather Review*, 1979.
 26. Salati, E. "Estimativa de evapotranspiração na bacia amazônica". *Acta Amazônica*, 1976.
 27. Nobre, C. A. "Amazonian deforestation and regional climate change". *Journal of Climate*, 1991.
 28. Manzi, A. "A simulation of Amazonian deforestation using a GCM calibrated with Abracos and Arme data". In: Gash, J. H. C.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.; Victoria, R. L. eds. *Amazonian deforestation and climate*. Chichester: John Wiley, 1996.
 29. Hahmann, A. N. "RCCM2-BATS model over tropical South America: applications to tropical deforestation". *Journal of Climate*, 1997.
 30. Negri, A. "The impact of Amazonian deforestation on dry season rainfall". *Journal of Climate*, 2004.
 31. Durieux, L. "The impact of deforestation on cloud cover over the Amazon arc of deforestation". *Remote Sensing of Environment*, 2003.
 32. Chagnon, F.J.F. "Contemporary climate change in the Amazon". *Geophysical Research Letters*, 2005.
 33. Avissar, R. "The large-scale biosphere-atmosphere experiment in Amazonia (LBA): Insights and future research needs". *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 2002.

O CLIMA ATUAL E FUTURO DA AMAZÔNIA NOS CENÁRIOS DO IPCC: A QUESTÃO DA SAVANIZAÇÃO

Luiz Antonio Cândido, Antonio Ocimar Manzi,
Julio Tota, Paulo Ricardo Teixeira da Silva,
Flérica Seixas Moreno da Silva, Rosa Maria Nascimento
dos Santos, Francis Wagner Silva Correia

As mudanças climáticas globais, provocadas pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera após a revolução industrial, afetarão todos os setores das atividades humanas e os ecossistemas, como a saúde pública, a agricultura, os recursos florestais, os recursos hídricos e as áreas costeiras, por exemplo. Uma síntese dos últimos resultados divulgados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) indica que haverá, no decorrer deste século, aumento de temperatura por todo o planeta, sendo mais severo sobre os continentes do que sobre os oceanos e aumento do nível dos oceanos. Haverá ainda aumento de chuvas nas regiões que já são bem providas de chuvas e diminuição nas regiões que hoje sofrem com a escassez de água, além de aumentar a frequência e a intensidade dos eventos extremos, como furacões, inundações e secas prolongadas (1).

Todavia, o quadro geral de mudanças do regime de chuvas nem sempre se aplica a todas as regiões da Terra. É o caso da Amazônia, onde todos os modelos projetam aumento de temperatura, mas não concordam entre si com respeito às alterações no regime de chuvas. Alguns modelos projetam diminuição, outros aumento e alguns pouca alteração no regime de chuvas (2). A possibilidade da floresta amazônica não resistir à mudança do regime de chuvas e ser substituída por um ecossistema de vegetação mais esparsa, do tipo savana, é levantada em vários trabalhos (3, 4, 6). As projeções de savanização da Amazônia vêm, sobretudo, dos resultados do modelo climático do Centro Hadley do Reino Unido (3, 4), pelo fato deste projetar no futuro um padrão mais frequente de temperatura das águas superficiais do oceano Pacífico equatorial típica do fenômeno El-Niño, e também projetar aumento da temperatura das águas superficiais do oceano Atlântico na região tropical do Hemisfério Norte (6). O fenômeno El-Niño está associado a condições mais secas na Amazônia, especialmente nas regiões norte, central e leste, enquanto que o aquecimento das águas do oceano Atlântico norte está associado a situações de estação seca mais severa na região sul e sudoeste da Amazônia (7, 8, 12). Portanto, um cenário futuro de “El-Niños” e águas relativamente mais quentes no oceano Atlântico tropical norte levará, certamente, a importantes reduções de chuvas e ao alongamento da duração da estação seca em grande parte da Amazônia.

Contudo, a análise do conjunto de modelos climáticos acoplados (oceano-atmosfera), que fazem parte das análises do IPCC, não corrobora o estabelecimento de um padrão mais frequente do tipo El-Niño para o final deste século, além de que os modelos que projetam maior mudança climática pa-

ra o padrão típico de El-Niño são os que apresentam as mais pobres simulações de variabilidade desse fenômeno no clima presente (6, 9). A probabilidade de configuração de um padrão mais frequente de El-Niño neste século é de apenas 16%, enquanto que o cenário mais provável, de 59%, é o de que esse padrão não deve configurar-se (6).

Este artigo utiliza os resultados dos modelos do IPCC para analisar as projeções futuras de mudanças anuais de temperatura e precipitação, detalhando-as por sub-bacias da Amazônia, com ênfase para a questão da sua savanização.

DADOS E MÉTODOS Foram utilizados os resultados de 21 modelos do Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados (CMIP, na sigla em inglês) do IPCC. Trata-se de modelos globais com acoplamento da atmosfera com os oceanos, cujas simulações serviram de base para a elaboração do quarto relatório de avaliação do Grupo de Trabalho I do IPCC, divulgado em fevereiro de 2007 (1), e para os relatórios subsequentes dos Grupos II e III. Os modelos apresentam resoluções espaciais diferentes entre si, que variam, em latitude e longitude, de 1,125° a 5°. A integração dos modelos foi iniciada em algum momento da segunda metade do século XVIII. Do início da integração ao final do século XX os modelos foram forçados com a evolução das concentrações de gases de efeito estufa (GEE) medidas no período. A partir do início do século XXI os modelos foram forçados com concentrações de GEE projetados para diferentes cenários de emissões, com base no Relatório Especial de Cenários de Emissões (SRES, na sigla em inglês) do IPCC, definidos em função de cenários projetados de aumento populacional e desenvolvimento socioeconômico. Um cenário mais otimista (B1), um intermediário (A1B) e um pessimista (A2) são analisados neste artigo. Eles projetam ao final do século XXI, respectivamente, concentrações atmosféricas de GEE de 600, 850 e 1250 ppmv (partes por milhão em volume), equivalentes em concentrações de gás carbônico. Foram analisadas as variáveis temperatura do ar à superfície e a precipitação, através da comparação dos resultados dos modelos com dados observacionais (climatologia) organizados em pontos de grade, no caso a Base de Dados Globais da Unidade de Pesquisa Climática (Climatic Research Unit (CRU) Global Dataset) (10). Nas comparações numéricas, o clima atual refere-se à média do período 1961-1990, indicado por OBS para a climatologia observada e 20c3m para os modelos, e o clima futuro refere-se à média do período 2061-2090, ou seja, um século mais tarde. É analisada a média dos resultados dos modelos, indicada por MULTI, que, dependendo dos cenários, compreende: todos os 21 modelos no clima atual (20c3m), 17 no cenário otimista (B1), 19 no cenário intermediário (A1B) e 16 no cenário pessimista (A2). Para alguns cenários, também são analisados modelos individuais, tais como o do Centro Hadley (HADCM3), o do Instituto de Estudos Espaciais Goddard da Nasa dos EUA (GIER) e o do Serviço Meteorológico da França (CNCM3), por apresentarem tendências diferentes de alteração do clima da região. Como os resultados dos modelos não são homogêneos para toda a bacia amazônica, estes foram analisados para as sub-bacias dos rios: Negro, Madeira, Juruá-Purus, Ica-Jau e Tapajós-Xingu. Localmente é feita uma análise da precipitação mensal média na região de Belém no estado do Pará.

COMO OS MODELOS REPRESENTAM O CLIMA ATUAL? Um importante aspecto de medida de desempenho de um modelo ou conjunto de modelos, quanto aos seus prognósticos, é a capacidade de simular os elementos climáticos importantes no clima atual. A representação da temperatura e precipi-

	NEGRO		ICA-JAU		JURUA-PURUS		MADEIRA		TAPAJOS		AMAZONIA	
	Temp	Prec	Temp	Prec	Temp	Prec	Temp	Prec	Temp	Prec	Temp	Prec
OBS (°C;mm/dia)	26,0	7,0	22,2	6,0	26,3	6,5	24,5	4,7	26,0	5,7	25,0	5,8
20c3m (°C;mm/dia)	25,5	4,5	21,8	5,5	25,8	4,5	23,7	4,1	25,8	3,9	24,4	4,4
B1 (°C;%)	2,3	-4,2	2,2	-0,6	2,4	-4,2	2,3	-4,7	2,3	-3,3	2,3	-2,9
A1B (°C;%)	3,5	-0,7	3,2	8,0	3,5	4,1	3,5	6,6	3,5	-0,2	3,5	4,0
A2 (°C;%)	3,6	-8,1	3,1	0,7	3,5	-1,7	3,4	-1,5	3,5	-4,7	3,4	-2,6
HADCM3 - 20c3m (°C;mm/dia)	27,0	5,2	23,3	6,4	27,5	5,6	25,1	5,2	27,3	4,2	26,1	5,3
HADCM3 - B1 (°C;%)	3,9	-21,2	3,2	-1,7	4,0	-10,4	3,6	-8,7	3,6	-19,9	3,6	-11,6
HADCM3 - A2 (°C;%)	5,9	-30,6	4,9	-3,2	6,2	-14,9	5,6	-13,8	5,3	-26,7	5,5	-16,2
GISS - 20c3m (°C;mm/dia)	25,5	4,7	25,2	5,8	26,5	5,4	27,0	2,3	26,6	4,8	26,3	4,7
GIER - B1 (°C;%)	2,1	-10,2	1,7	6,8	1,8	7,6	2,2	-1,7	1,9	4,6	1,9	0,1
GIER - A2 (°C;%)	3,0	-6,3	2,6	16,8	2,8	16,9	3,6	-1,4	2,9	12,1	2,9	6,8
CNCM3 - 20c3m (°C;mm/dia)	25,5	5,3	22,2	4,1	25,7	5,6	22,9	5,9	25,2	5,0	24,1	5,2
CNCM3 - A1B (°C;%)	3,4	-1,9	3,4	2,3	3,4	-0,8	3,3	7,0	3,1	6,9	3,3	4,1
CNCM3 - A2 (°C;%)	4,1	-0,9	4,1	3,6	4,0	-0,1	3,9	8,7	3,8	6,8	4,0	4,9

TABELA 1: Alterações da temperatura (em °C) e precipitação (em %) observadas e simuladas pelos modelos climáticos do clima atual, e previstas para o clima futuro, na Amazônia e em suas sub-bacias.

tação do clima atual considerando a média dos valores anuais das simulações (20c3m) dos modelos (MULTI) é comparada com as observações (OBS) em toda a bacia amazônica e nas suas sub-bacias. Os resultados são apresentados na Tabela 1. A análise de toda a bacia (coluna Amazônia) indica que em média os modelos são 0,6°C mais frios e também mais secos, produzindo 24% menos chuva que a média anual observada para a bacia no período 1961 e 1990. Nas sub-bacias o comportamento dos modelos se repete, sendo as sub-bacias do Negro, Juruá-Purus e Tapajós-Xingu as mais secas, respectivamente, com 37%, 31% e 31% de chuva a menos e viés de temperatura variando de -0,2°C a -0,8°C (condição mais fria). Os modelos HADCM3, GIER e CNCM3 também simulam um clima mais seco para a Amazônia do que o observado, com déficits de chuva anual de 10%, 20% e 10%, respectivamente. No caso da temperatura do ar, enquanto o CNCM3 é mais frio em cerca de 0,8°C, o HADCM3 e o GIER são mais quentes em cerca de 1,1°C e 1,3°C. O padrão de clima mais seco dos modelos HADCM3, GIER e CNCM3 se mantém nas sub-bacias, com exceção da do Madeira, onde o HADCM3 e o CNCM3 apresentam um viés positivo na precipitação de 11% e 25%, respectivamente, e na sub-bacia do Negro, onde o GIER tem viés negativo na temperatura de -0,5°C. Em geral, é nas sub-bacias do Negro e Tapajós-Xingu que os modelos apresentam os maiores desvios da climatologia de precipitação e de temperatura do ar. São também essas sub-bacias as comumente mais afetadas pelo fenômeno El-Niño.

Em termos de variabilidade inter-anual, alguns modelos apresentam grande variabilidade, como no caso HADCM3 e do CNCM3, enquanto outros mostram pequena variação, caso do GIER, quando comparados ao clima observado (OBS), tanto para temperatura do ar (Figura 1a) quanto para a precipitação (Figura 1b). Na média dos modelos (MULTI) a variabilidade inter-anual é bem menor que a climatologia. Isso significa que a maioria dos modelos não consegue capturar a variabilidade inter-anual do clima atual, enquanto que alguns modelos tendem a intensificar esse padrão e, portanto, a superestimar a ocorrência de eventos extremos. Em geral, na maioria dos modelos, a precipitação é subestimada em todas as sub-bacias, com ênfase para a estação chuvosa

(não apresentado). Apesar da grande variabilidade entre os modelos na simulação do clima atual, eles são incapazes de capturar a variação inter-anual da precipitação (ver faixa de desvio padrão na Figura 1b). A temperatura do ar é melhor representada pelos modelos, que em média simulam um clima anual

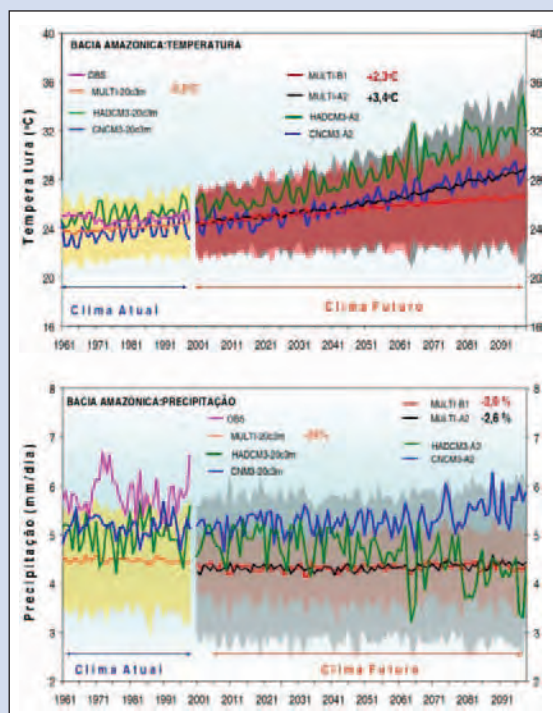


Figura 1: Variação da temperatura (a) e precipitação (b) anual média para toda Amazônia, considerando a média das simulações dos AOGCM (MULTI) e dos modelos HADCM3 e CNCM3, para o clima atual (20c3m) e clima futuro nos cenários B1 e A2, juntamente com as observações (OBS).

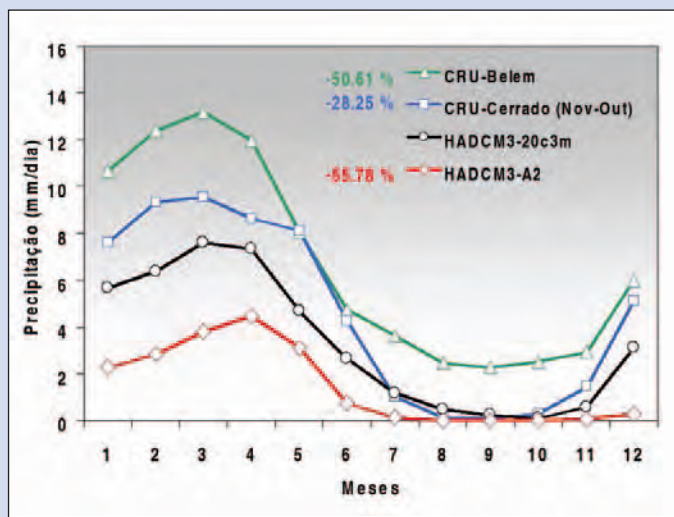


Figura 2: Precipitação média mensal em uma área de 300 km por 400 km, ao sul de Belém, observada no período 1961-1990 (curva verde); simulada pelo modelo HADCM3 para mesma área e período (curva preta); observada em área de mesma extensão no sul do estado de Tocantins (curva azul); e simulada pelo modelo HADCM3 no cenário de emissões de GEE A2 no período 2061-2090 (curva vermelha).

ligeiramente mais ameno que o observado, mas com variabilidade intra-anual muito maior que a observada, especialmente na estação seca, quando os meses tendem a superestimar a temperatura do ar observada (não mostrado).

O QUE OS MODELOS PROJETAM PARA O CLIMA DO SÉCULO XXI? As projeções climáticas futuras mostram tendência de aquecimento nos três cenários (B1, A1B e A2) e em todas as sub-bacias. Na bacia amazônica como um todo, os aumentos de temperatura são de 2,3°C, 3,5°C e 3,4°C, nos cenários B1, A1B e A2, respectivamente, quando comparado os valores médios do período 2061-2090 com os do período 1961-1990. Essa tendência de aquecimento é praticamente a mesma em todas as sub-bacias (Tabela 1) no conjunto dos modelos (MULTI). Na avaliação individual dos modelos para toda bacia amazônica e suas sub-bacias, verifica-se um maior aquecimento para os modelos HADCM3, que apresenta variações de temperatura superiores a 3,0°C e 5,0°C nos cenários B1 e A2, respectivamente, e CNM3 com variações de temperatura do ar de 3,0°C a 4°C para os cenários A1B e A2. O modelo GIER indica menores tendências de aquecimento, da ordem de 2°C e 3°C, nos cenários B1 e A2. O prognóstico de precipitação a partir da média dos modelos (MULTI) sugere uma pequena redução na precipitação de 2% a 3% nos cenários B1 e A2, enquanto no cenário A1B predomina um pequeno aumento, da ordem de 4%, mas com valores maiores nas sub-bacias a oeste e ao sul da região (Tabela 1). As maiores reduções na precipitação são previstas pelo modelo HADCM3, sendo da ordem de 11%(B1) e 16%(A2) para toda bacia, e de 21%(B1) e 30%(A2) para a bacia do Negro, e 20% (B1) e 27% (A2) para a bacia do Tapajós-Xingu. Os modelos GIER e CNM3 apresentam variações positivas de precipitação, mas com valores relativamente baixos (Tabela 1).

A tendência de aumento da temperatura do planeta nas três primeiras décadas

do século XXI é de 0,2°C por década, em qualquer cenário de aumento de emissões de GEE (1). No caso da Amazônia, a taxa de aumento de temperatura do ar foi próxima de 0,3°C por década no mesmo período (figura 1a). A taxa de aquecimento mais elevada na Amazônia, em comparação com a taxa global, é esperada porque o aumento da temperatura sobre as regiões oceânicas, que cobrem praticamente 70% da superfície do planeta, é mais lento (1).

Os modelos HADCM3 e CNM3 indicam tendências distintas de aquecimento até o final do século XXI para o cenário A2. O HADCM3 apresenta uma tendência mais linear na primeira metade do século para em seguida crescer de forma mais abrupta, com tendência de aumento da temperatura de 0,74°C por década na segunda metade do século. O CNM3 tem comportamento e taxa de aquecimento por década semelhante ao MULTI-A2, de cerca de 0,42°C por década na média do século.

Para a precipitação o conjunto dos modelos não apresenta uma tendência de variação significativa com o tempo. No cenário A2 o modelo CNM3 apresentou tendência de aumento de precipitação, principalmente para a segunda metade do século, enquanto o modelo HADCM3 exibe uma tendência acentuada de redução da precipitação desde a primeira metade do século, acentuando-se ainda mais na segunda metade e com grande variabilidade inter-anual (tabela 1 e figura 1b).

SAVANIZAÇÃO DA AMAZÔNIA O nível de seca da Amazônia previsto pelo modelo HADCM3 levaria a substituição de grande área de floresta na Amazônia por um tipo de vegetação de savana (4). Estudos de alteração de bioma, utilizando cenários de mudanças climáticas globais do IPCC, têm sugerido a possibilidade de savanização de parte da Amazônia até o final deste século, resultados ressaltados recentemente pelo IPCC (11). Grande parte dos estudos utiliza-se das saídas geradas pelo modelo HADCM3. Recentemente, uma avaliação de um conjunto mais amplo de dados do IPCC, resultantes de 15 modelos climáticos, mostrou que os modelos que apresentam maiores desvios da climatologia nessa análise (ex. HADCM3) apresentam também uma ampla área de savanização da Amazônia, enquanto que os modelos com menores desvios da climatologia (ex. GIER) indicam pequenas áreas de avanço de savana sobre a floresta (ver Fig. 3 em 5). Isso indica que os resultados são dependentes dos modelos climáticos e dos cenários utilizados, onde aparentemente modelos que apresentam grandes desvios da climatologia (ex. modelos de clima mais seco na segunda metade do século XX), tendem a superestimar e, até mesmo, a antecipar uma nova condição de equilíbrio, no caso o de um clima inadequado para manter os ecossistemas atuais, que seriam substituídos por um tipo de vegetação de savana. A Figura 2 apresenta valores médios mensais de precipitação no período 1961-1990 para uma área de aproximadamente 300 km por 400 km ao sul de Belém, estado do Pará, onde predomina um ecossistema de floresta tropical úmida típico da Amazônia. A curva verde representa a climatologia de precipitação observada e a curva preta a climatologia do modelo HADCM3. Neste caso, fica evidenciado que o modelo não é capaz de reproduzir as observações. A climatologia de chuva prevista pelo modelo foi abaixo da observada em todos os meses do ano e, na média anual, é em torno de 50% mais seco que a observação. A curva vermelha representa a projeção do modelo HADCM3 para a precipitação no período 2061-2090 no cenário pessimista de emissões (A2). Nesse cenário haveria uma redução adicional da precipitação anual de aproximadamente 56% em relação à precipitação do próprio modelo no período 1961-1990. Mesmo nos cenários

B1 e A1B a redução de precipitação do modelo HADCM3 é drástica nessa área (não apresentado). Para efeito de comparação, a figura 2 apresenta também dados climatológicos de uma área de ecossistema típico de savana situada no sul do estado de Tocantins. Nota-se que o regime anual de chuvas dessa região de savana é similar ao do modelo HADCM3 para a região de Belém, exceto que a precipitação anual é aproximadamente 40% superior à precipitação do modelo, ou seja, a precipitação anual medida em uma área de vegetação típica de savana é muito maior que a precipitação produzida pelo modelo para uma área típica de floresta tropical úmida. Por outro lado, o método de análise de mudança climática considera que os desvios que os modelos apresentam na simulação do clima atual são sistemáticos e, portanto, que esses desvios devem se propagar nas projeções dos climas futuros. Desta maneira, a redução projetada de aproximadamente 56% nas precipitações do modelo HADCM3 para o período 2061-2090 (curva vermelha) é uma forte indicação de mudança climática que pode levar a substituição da floresta atual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS As mudanças climáticas globais já estão em curso. Elas provocam aumento generalizado da temperatura do ar e mudanças nos regimes de precipitação. Somente o aumento de temperatura já afetará a biodiversidade dos ecossistemas da Amazônia de maneira dramática. Eventos extremos mais frequentes e intensos, como enchentes e secas prolongadas, são fatores adicionais de estresse para os ecossistemas e a vida das populações. Entretanto, devido às limitações dos atuais modelos climáticos acoplados em reproduzir o clima atual da Amazônia, ainda é impossível projetar com segurança a intensidade com que as mudanças afetarão a região. As florestas intactas podem ser mais resistentes à seca do que os modelos de clima-vegetação pressupõem? Diversos fatores ainda não são (ou são mal) representados nesses modelos, tais como a profundidade correta da zona de raízes profundas das árvores (que implica em um reservatório maior de água disponível para as plantas), dificultam a resposta a essa questão. Os modelos estimam uma possibilidade de seca excessiva da Amazônia com o potencial colapso da floresta no século XXI, entretanto os processos de produção de chuva na região são pobremente representados nos modelos. Por exemplo, uma parcela substancial das chuvas anuais na região costeira da Amazônia é devida às linhas de instabilidade que se formam a partir de circulações locais de brisa de mar na costa tropical atlântica. A resolução espacial grosseira dos modelos climáticos não permite que eles reproduzam esse processo. Além disso, é improvável que os desvios apresentados pelos modelos no clima atual se reproduzam sistematicamente nos futuros cenários de aumento de concentração de GEE.

O potencial de previsibilidade do clima global utilizando os modelos climáticos é baseado na estreita relação entre condição de contorno oceânica e continental, e em como a variabilidade e o acoplamento dessas forçantes com a atmosfera se processa, particularmente na região tropical e, portanto, espera-se que essas características sejam preservadas nos modelos acoplados atmosfera-oceano (AOGCM, sigla em inglês). Alguns AOGCM projetam no futuro uma situação mais permanente de aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico equatorial e do oceano Atlântico equatorial norte, com conseqüências diretas sobre a diminuição das taxas de precipitação na Amazônia, que pode levar a um novo clima, mais adequado a ecossistemas de vegetação típica de savana do que de floresta tropical úmida. Embora esse seja um quadro que não deva ser desconsiderado, há necessidade de

se ampliar os conhecimentos científicos sobre o clima da Amazônia e de sua interação com os ecossistemas e, também, de aprimorar os atuais modelos climáticos para reduzir as incertezas dos impactos das mudanças climáticas globais na Amazônia.

Luiz Antonio Cândido é meteorologista, pesquisador da Coordenação de Pesquisa em Clima e Recursos Hídricos/CPCR e do Núcleo de Modelagem Climática e Ambiental/NMCA do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).

Antonio Ocimar Manzi é físico, pesquisador titular do Inpa e gerente executivo do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). Coordena o NMCA e o Grupo de Micrometeorologia do LBA no Inpa.

Júlio Tota é meteorologista, atualmente pesquisador bolsista do LBA no Inpa.

Paulo Ricardo Teixeira-Silva é meteorologista, atualmente bolsista de desenvolvimento tecnológico e industrial do CNPq/Finep, no LBA.

Flérica Seixas Moreno da Silva é física, mestranda da pós-graduação em ciências ambientais da Universidade Federal do Pará e desenvolve sua pesquisa junto ao NMCA do LBA/Inpa.

Rosa Maria Nascimento dos Santos é meteorologista, pesquisadora no NMCA do Inpa através do programa fixação de doutores da Fapeam.

Francis Wagner Silva Correia é físico, coordenador e professor do curso de meteorologia tropical da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e pesquisador no NMCA do Inpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPCC, AR4, WGI Report. Cambridge Univ. Press. 2007.
2. Li, W.; Fu, R.; Dickinson, R. E. J. Geophys. Res., 111, D02111, 2006.
3. Cox, P.M.; Betts, R. A.; Jones, C. D.; Spall, S. A.; Totterdell, I. *Nature* 408,184-187, 2000.
4. Cox, P.M.; Betts, R.A.; Collins, M.; Harris, P. P.; Huntingford, C. C.D.; Jones, C. D. *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 137-156, 2004.
5. Salazar, L. F.; Oyama, M. D. XIV CBMet:Anais:3637.Pdf, 6pp., 2006.
6. Collins, M AE. *Climate Dynamics* 24, 89-104, 2005.
7. Schöngart, J.; Junk, W. J. *Journal of Hydrology*, v335, 124-132, 2007.
8. Marengo, J.; Nobre, C.; Tomasella, J.; Sampaio, G.; De Oliveira, R.; Camargo, H.; Oyama, M.; Alves, L. *Journal of Climate*, 2006.
9. Cane, M. A. *Earth and Planetary Science Letters*, 164, 1-10, 2005.
10. New, M.; Lister, D.; Hulme, M.; Makin, I. *Climate Res.*, 21, 1-25, 2000.
11. IPCC, AR4, WGII Report. Cambridge Univ. Press. 2007.
12. Souza, E.B.; Kayano, M. T.; Tota, J.; Pezzi, L.P.; Fisch, G.; Nobre, C. *Acta Amazônica*, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.

O PAPEL DAS PARTÍCULAS DE AEROSSOL NO FUNCIONAMENTO DO ECOSISTEMA AMAZÔNICO

Theotonio Pauliquevis
Paulo Artaxo
Paulo Henrique Oliveira
Melina Paixão

INTRODUÇÃO A composição da atmosfera tem forte influência no clima de nosso planeta, tanto do ponto de vista da concentração de gases quanto na presença de partículas de aerossóis que são críticas para o equilíbrio dos ecossistemas e do clima. Com a recente divulgação do 4o Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007)(1) ficou muito claro o forte papel climático que gases traços como dióxido de carbono, metano e óxido nitroso exercem. Também ficou explícita que as mudanças climáticas, que vêm sendo observadas em nosso planeta são realmente causadas pelas emissões antropogênicas, e que se nada for feito para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, o clima poderá sofrer profundas mudanças nas próximas décadas.

No relatório do IPCC também ficou claro o forte papel de impacto que as partículas de aerossóis realizam sobre o clima. As partículas de aerossol – tanto naturais quanto as emitidas em processos antrópicos – existem em todos os lugares, e influenciam o clima de diversas maneiras: atuam na absorção e espalhamento de radiação solar, na formação de nuvens, na reciclagem de nutrientes em ecossistemas, na composição química da precipitação, na visibilidade e na saúde das pessoas, entre outros papéis importantes. Em particular, o papel dessas partículas como núcleos de condensação de nuvens é crítico na formação e desenvolvimento delas. Sem essas partículas, nuvens não existiriam e todos os ecossistemas seriam muito diferentes do que conhecemos.

Discutiremos, neste texto, de que maneira as partículas de aerossol presentes na região amazônica influenciam o clima local, e como o intenso processo de ocupação humana está alterando a composição da atmosfera na Amazônia, com fortes reflexos sobre o clima local, regional e global.

A COMPOSIÇÃO NATURAL DAS PARTÍCULAS DE AEROSSÓIS NA AMAZÔNIA Sob condições não perturbadas pela ação humana, a concentração de partículas na atmosfera amazônica é muito baixa, comparável àquelas encontradas nas mais remotas regiões do globo (2). Essas baixas concentrações constituem um fato notável, uma vez que regiões continentais, de maneira geral, são caracterizadas por concentrações mais elevadas de partículas. Durante a estação chuvosa (que varia de região para região, mas que, de maneira geral, vai de dezembro a maio), foram observadas cerca de 200-400 partículas/cm³, dez vezes menos que o observado em outras áreas continentais do globo, e 100 a 1000 vezes menores que os valores observados em áreas afetadas por queimadas na Amazônia, que apresentam altas concentrações de 20.000 a 40.000 partículas/cm³.

A geração e emissão pela floresta dessas partículas ainda é um mistério. Essas partículas podem ser divididas em duas frações, de acordo com o tama-

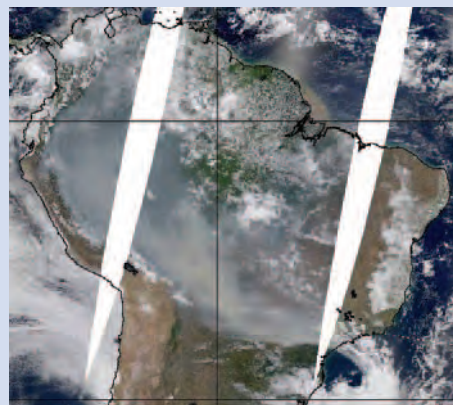


Figura 1: pluma de partículas de aerossóis provenientes de emissões de queimada na Amazônia cobre grande área da América do Sul

nho. A fração fina compreende partículas menores que 2 micra (μm) de tamanho e são produzidas principalmente através da conversão em partículas de gases biogênicos emitidos pela vegetação tais como isopreno e terpenos, além de outros compostos orgânicos voláteis. A fração grossa, que compreende as partículas maiores que 2 microns, são constituídas por fragmentos de folhas, grãos de pólen, bactérias, fungos e uma enorme variedade de outros tipos de partículas biogênicas. Essas partículas emitidas diretamente pela vegetação são chamadas primárias; desconhece-se a razão da emissão da maior parte delas pela vegetação. O padrão temporal de emissão de partículas biogênicas também é bastante peculiar. A concentração de aerossóis da moda grossa no período noturno é aproximadamente o dobro da observada durante o dia. Análise da morfologia dessas partículas por microscopia eletrônica indica que esse crescimento noturno está relacionado a um aumento do número de esporos de fungos em suspensão no ar (3). Há duas razões para esse aumento. Primeiramente, o período noturno na floresta é caracterizado por uma atmosfera estável, com baixa velocidade do vento, o que diminui a dispersão dos esporos, facilitando sua acumulação junto das espécies emissoras. Em segundo lugar, muitas espécies de fungos são conhecidas por serem esporuladores noturnos. Tal comportamento é compreensível, uma vez que, durante a noite, a umidade relativa do ar (UR) comumente atinge 100% abaixo da copa das árvores, formando facilmente gotículas que podem servir como meio de cultura. A ausência noturna de ventos verticais ou movimentos convectivos, que pudessem levar os esporos para regiões acima da copa das árvores, também é um ponto importante para sua acumulação junto às espécies emissoras e explica parcialmente o porquê dessa emissão se dar preferencialmente a noite. Caso a emissão ocorresse durante o dia, os esporos seriam levados mais facilmente para a porção acima da copa das árvores, onde ficariam expostos à radiação ultravioleta, danosa a seus tecidos, e teriam menor chance de sucesso. Para as partículas menores, pertencentes à moda fina, também há o mesmo tipo de processo de emissão, mas outros mecanismos importantes também atuam na geração de partículas mais finas. A bacia amazônica é responsável por uma grande fração das emissões de compostos orgânicos voláteis (COV's), que são compostos químicos orgânicos que têm pressão de vapor suficientemente alta para, em condições normais, vaporizarem e se dispersarem na atmosfera. No caso da vegetação da floresta, as maiores emissões são de isopreno e terpenos. Uma vez lançados na atmosfera, alguns dos COV's convertem-se em partículas de aerossol através de reações, sendo assim denominados aerossóis secundários orgânicos (ASO), uma vez que não foram emitidos direta-

mente na atmosfera mas sim originados a partir de precursores gasosos. As reações que formam ASO são fortemente relacionadas com a presença de luz solar. Como a região tropical está sujeita a uma grande incidência de radiação solar, na Amazônia esse tipo de processo de formação de partículas é muito importante.

Do ponto de vista climático e de química da atmosfera, os aerossóis biogênicos orgânicos (primários e secundários) são de considerável importância. Um papel essencial exercido por essas partículas é na formação de nuvens. Para ocorrer a formação de gotas de nuvens é necessário não apenas que o ar esteja saturado de vapor de água, mas que também exista alguma superfície para que o vapor condense. Na natureza, quem desempenha o papel dessa superfície de condensação é uma fração dos aerossóis denominada de Núcleos de Condensação de Nuvens (NCN), partículas sobre as quais o vapor se deposita formando gotículas de nuvens.

Justamente pelo fato de tanto os aerossóis primários como secundários serem efetivos como NCN, e também o fato dos aerossóis orgânicos primários serem efetivos também como “Núcleos de gelo” (que atuam na formação de cristais de gelo em nuvens que atingem altitudes elevadas) as propriedades óticas e microfísicas das nuvens da região amazônica são influenciadas por essas partículas. Como uma fração considerável da distribuição de calor no planeta vindo dos trópicos para latitudes maiores é mediada pela convecção profunda na região tropical, alterações nas características de tais partículas, como por exemplo, através de desflorestamento e queimadas, podem causar alterações significativas no clima global.

Além das emissões naturais da floresta, uma pequena fração dos aerossóis na bacia amazônica é originada do transporte de poeira do Saara, que ocorre tipicamente durante os meses de abril e maio (4). Apesar de representar uma pequena fração da massa de aerossóis, há muitos estudos investigando o papel em longo prazo desse transporte de micro nutrientes na “fertilização” da floresta, isto é, na reposição de micro-nutrientes importantes para o ecossistema amazônico. Este é um aspecto importante. É fato conhecido que a floresta amazônica está sobre terrenos nutricionalmente pobres, e que os mecanismos de reciclagem da floresta são fundamentais para o funcionamento do ecossistema. Neste contexto, e considerando em termos de longo prazo, a entrada de micro nutrientes por uma fonte externa pode ser crítica para o ecossistema em termos de longo prazo. Dentro do conjunto de micro-nutrientes críticos, a quantidade de fósforo disponível é um fator limitante importante para o ecossistema e a reposição por transporte de poeira do Saara é uma das possíveis explicações para os atuais níveis de produção primária da floresta amazônica(5).

A FLORESTA PERTURBADA PELAS QUEIMADAS Desde meados da década de 1970, a região amazônica tem sofrido uma mudança no padrão de uso do solo associado a um processo de ocupação desordenado. A chamada região do “arco do desflorestamento” (estado de Rondônia, norte do Mato Grosso, sul e leste do Pará, e Tocantins) é onde essa alteração é mais visível, movida pela expansão de áreas agrícolas, de pastagem, e também pela exploração madeireira. A mudança de uso da terra se dá, normalmente, pela queima de toda a biomassa existente na forma de floresta primária, permitindo sua utilização para outros usos.

A prática de queimadas é histórica, e acentuou-se a partir da década de 1970, com um desmatamento recente de cerca de 20 mil km² por ano. O inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa coloca que em termos de

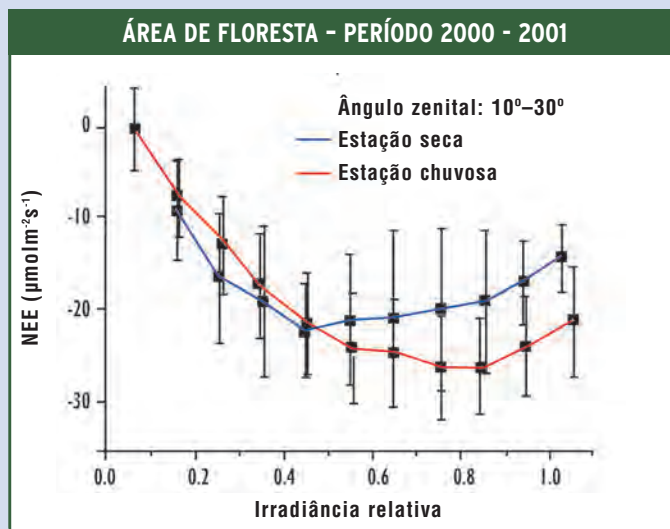


Figura 2: Net Ecosystem Exchange (vide texto para explanação) em função da irradiância relativa.

emissão de CO₂, queimadas são responsáveis por 75% das emissões brasileiras de carbono (6), o que coloca a mudança de uso da terra como a principal causa de emissão de gases de efeito estufa no Brasil.

A emissão de partículas de aerossóis devido à prática de queimadas na Amazônia é muito alta, com significativas emissões levando a altas concentrações de material particulado na atmosfera. As concentrações de material particulado em regiões do arco do desmatamento atingem valores de 400 a 600 μg/m³, valores muitas vezes superiores aos observados no inverno em São Paulo (2 e 7). As queimadas são também fontes significativas de gases de efeito estufa como CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano). Grandes quantidades de gases precursores de ozônio são emitidas, fazendo com que a concentração de ozônio atinja níveis danosos à floresta não queimada, uma vez que se trata de um gás fitotóxico (8).

A pluma de gases e partículas de aerossóis emitidos por queimadas atinge amplas áreas no continente sul-americano. Como as partículas emitidas em queimadas são predominantemente na fração fina, estão sujeitas ao transporte de larga escala por milhares de quilômetros. A figura 1, feita pelo sensor Modis a bordo do satélite Terra/Nasa, mostra um padrão típico de transporte de plumas de aerossóis de queimadas originadas na Amazônia. A distribuição espacial da pluma que se vê na figura 1 é muito comum nessa época do ano: durante os meses de agosto/setembro/outubro se estabelece no Brasil Central uma circulação de ventos no sentido anti-horário. Dessa forma, as plumas seguem para oeste até a cordilheira do Andes quando, então, são defletidas para a direção sul e em seguida para o leste, quando se dispersam no Oceano Atlântico.

Como os aerossóis de queimadas interagem diretamente com a radiação solar, as queimadas alteram severamente a quantidade de radiação solar que chega à superfície. Procópio e outros (9) mostram que, sob certas circunstâncias, os aerossóis originados de queimada chegam a reduzir em 50% a radiação fotossinteticamente ativa (a mais adequada para as plantas realizarem fotossíntese). Um resultado interessante é que, apesar da quantidade total de radiação que atinge a superfície ser menor, ela é quase que totalmente na

forma de radiação solar difusa (como em um dia nublado), em detrimento da radiação solar direta. Devido a essa mudança no padrão, a taxa de fotossíntese chega a ser maior com a presença de aerossóis, pois a radiação difusa penetra mais no interior do dossel da floresta, atingindo um número maior de folhas e aumentando a taxa fotossintética, até um certo nível. Com muita fumaça, o processo fotossintético para por completo, por ausência de radiação solar na quantidade requerida ao processo. A figura 2 ilustra esse resultado. Esse gráfico mostra o *NEE* (Net Ecosystem Exchange, que é uma medida direta do processo de fotossíntese e da respiração da floresta. Quanto mais negativo é esse valor, mais CO₂ a floresta está sendo capaz de fixar). Os resultados são apresentados em função da irradiância relativa, que é uma medida da relação entre a radiação solar difusa e a radiação solar direta. Quando esse valor é igual a um, significa a completa ausência de nuvens, e que a presença de aerossóis na atmosfera encontra-se no seu valor mínimo (*background*). Por outro lado, quando esse valor se aproxima de zero, significa que há um aumento da quantidade de nuvens e aerossóis na atmosfera. A partir da figura 2 pode-se observar que a máxima fixação de CO₂ (*NEE* mais negativo) não ocorre em dias de céu limpo (irradiância relativa igual a 1.0), mas sim sob condições nas quais há mais nuvens e partículas na atmosfera (irradiância relativa em torno de 0.6). Isso ocorre tanto na estação seca, onde há uma grande quantidade de aerossóis na atmosfera e poucas nuvens, quanto na estação chuvosa, onde há poucas partículas de aerossóis e muitas nuvens na atmosfera (figura 2). Entretanto, esse comportamento vale apenas até um valor crítico da irradiância relativa (em torno de 0.6), quando a partir de então esse mecanismo não é capaz de compensar a redução da radiação solar e o processo de fotossíntese é prejudicado.

As queimadas também influenciam severamente os mecanismos de formação de nuvens. Primeiramente, ao injetarem grandes quantidades de NCN na atmosfera, ocorre um aumento muito grande no número de gotas formadas dentro da nuvem. Como a quantidade de vapor de água é a mesma, essas gotas terão tamanho menores do que aquelas da condição não perturbada por fumaça. O resultado desse tipo de fenômeno é a forte redução na eficiência da nuvem em gerar precipitação uma vez que para ocorrer chuva é necessário que as gotas atinjam um tamanho mínimo, o que não ocorre a baixas altitudes para nuvens enfumaçadas (10 e 11).

A outra maneira pela qual as queimadas alteram a formação de nuvens é pela atenuação de radiação que chega a superfície. Boa parte da precipitação na Amazônia é oriunda de nuvens convectivas, isto é, nuvens formadas localmente, a partir do aquecimento da superfície, o que gera a ascensão de massas de ar que podem formar nuvens. Se a quantidade de radiação chegando a superfície é menor, a convecção também o será uma vez que a energia para iniciá-la é muitas vezes insuficiente para formar nuvens. Como as plumas de queimada se espalham por grandes áreas, esse tipo de efeito de supressão de formação de nuvens ocorre em boa parte da Amazônia durante a estação de queimadas, fenômeno confirmado por observações a partir de satélites (12).

CONSIDERAÇÕES FINAIS A região amazônica vem passando por profundas mudanças devido ao intenso processo de ocupação humana que ocorre desde o final dos anos 1970. Todas essas alterações causam mudanças importantes na composição química da atmosfera não apenas na Amazônia, mas também em regiões contíguas, além do potencial efeito no clima global. O investimento em pesquisas científicas para o maior conhecimento

dos mecanismos que regulam os processos críticos para a manutenção da floresta, incluindo suas inter-relações complexas entre biosfera e atmosfera são muito importantes. Os resultados desses estudos auxiliarão na proposição futura de políticas públicas que possam permitir um desenvolvimento sustentável da região, com preservação do ecossistema amazônico e que permita a melhoria das condições de vida da população local.

Theotonio Pauliquevis é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) Paulo Artaxo, Paulo Henrique Oliveira e Melina Paixão são pesquisadores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPCC: Climate Change 2007: The 4th assessment report to the intergovernmental panel on climate change, available at <http://www.ipcc.ch>.
2. Artaxo P., J. V. Martins, M. A. Yamasoe, A. S. Procópio, T. M. Pauliquevis, M. O. Andreae, P. Guyon, L. V. Gatti, and A. M. C. Leal, "Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry seasons in Rondônia, Amazonia", *J. Geophys. Res.*, 107 (D20), 8081, doi:10.1029/2001JD000666, 2002.
3. Graham B., et al., "Composition and diurnal variability of the natural Amazonian aerosol", *J. Geophys. Res.*, 108 (D24), 4765, doi: 10.1029/2003JD004049, 2003.
4. Koren, I.; Kaufman, Y.J.; Washington, R.; Todd, M. C.; Rudich, Y.; Martins, J.V. e Rosenfeld, D. "The Bodélé depression: a single spot in the Sahara that provides most of the mineral dust to the Amazon forest", *Environ. Res. Lett.* 1 014005 (5pp) doi:10.1088/1748-9326/1/1/014005, 2006
5. Okin G. S., Mahowald, N., Chadwick, O. A., Artaxo, P. "Impact of desert dust on the biogeochemistry of phosphorus in terrestrial ecosystems", *Global Biogeochem. Cycles*, 18, GB2005, doi:10.1029/2003GB002145, 2004.
6. MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) - Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões de Gases de Efeito Estufa, 2002.
7. Fuzzi S., et al. (2007), "Overview of the inorganic and organic composition of size-segregated aerosol in Rondônia, Brazil, from the biomass-burning period to the onset of the wet season", *J. Geophys. Res.*, 112, D01201, doi:10.1029/2005JD006741.
8. Andreae M. O., et al., "Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-Eustach experiments", *J. Geophys. Res.*, 107 (D20), 8066, doi:10.1029/2001JD000524, 2002.
9. Procópio, A. S.; Artaxo, P.; Kaufman, Y. J.; Remer, L. a.; Schafer, J. S.; Holben, B. N. "Multiyear analysis of Amazonian biomass burning smoke radiative forcing of climate". *Geophysical Research Letters*, 31, L03108-L03112, doi:10.1029/2003GL018646, 2004.
10. Rosenfeld, D. "TRMM observed first direct evidence of smoke from forest fires inhibiting rainfall". *Geophys. Res. Lett.* 26 (20): 3105-3108 oct. 15, 1999.
11. Andreae MO, Rosenfeld D, Artaxo P, Costa, A.A., Frank, G.P., Longo, K.M., Silva-Dias, M.A.F. "Smoking rain clouds over the Amazon", *Science*, 303 (5662): 1337-1342, Feb. 27, 2004.
12. Koren, I., Kaufman, Y.J., Remer, L.A., Martins, J.V. "Measurement of the effect of Amazon smoke on inhibition of cloud formation", *Science* 303 (5662): 1342-1345, Feb. 27, 2004



Comunidades ribeirinhas: imagem típica de moradores de unidades de conservação

AMAZONAS

Assembléia Legislativa aprova leis sobre mudanças ambientais

Dois projetos de lei aprovados no início de junho, em Manaus, visam atrair recursos externos, fundos dedicados a evitar desmatamento da florestas, assim como encarar seriamente a questão ambiental na região, cujo impacto se reflete nas mudanças climáticas do planeta. Aprovados pela Assembléia Legislativa do Amazonas, o primeiro cria a política estadual sobre mudanças climáticas, conservação ambiental e desenvolvimento sustentável no Amazonas; o outro regulamenta o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC). Entre as medidas aprovadas está a Bolsa Floresta, destinada a atender comunidades que vivem no entorno de áreas de preservação, estimulando atividades produtivas de baixo impacto ambiental. Trata-se de um sistema de pagamento

por serviços ambientais destinado, inicialmente, a moradores das unidades de conservação. O governo vai divulgar neste segundo semestre as regras da Bolsa. Atualmente, já são 8,5 mil famílias cadastradas para receber o benefício, que deverá ser pago, de acordo com o governador Eduardo Braga, com mecanismo semelhante ao Bolsa Família do governo federal. A meta é atender 60 mil famílias até 2010.

ZONA VERDE Uma série de programas está sugerida nos projetos, buscando neutralizar as emissões de carbono da região amazônica assim como promover reflorestamento em áreas degradadas com atividades silvo-pecuárias e agro-florestais. O objetivo do governo local é reforçar as ações já desenvolvidas pelo Programa Zona Franca Verde, além de criar um novo monitoramento de biodiversidade e do desmatamento. O Sistema Estadual de Unidades de Conservação (Seuc) estabelece os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

LIVRO ANALISA CLIMA EM CIDADES BRASILEIRAS

O trabalho de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, geógrafo da Universidade de São Paulo (USP) especializado em climatologia, é uma referência importante para os estudos sobre ambiente atmosférico urbano no Brasil e no mundo. A coletânea *Clima Urbano*, organizada por ele e por Francisco Mendonça, professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR), reúne estudos de caso sobre cinco cidades brasileiras. Neles foi aplicada a proposta teórico-metodológica criada por Monteiro, denominada Sistema Clima Urbano (SCU). Planejamento urbano, poluição do ar, impactos pluviais na organização do espaço urbano são alguns dos temas abordados, por autores diversos, em capítulos específicos sobre as cidades de Londrina, Salvador, Curitiba e Rio de Janeiro. Além deles, um capítulo mais teórico de autoria de Monteiro abre o livro. No capítulo final, Mendonça traça um panorama sobre a área de estudos sobre clima urbano no Brasil.

CLIMA URBANO

Editora Contexto - 2003
192 páginas

NOME DO GRUPO

BIODIVERSIDADE, DESENVOLVIMENTO
E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

MARCUS VINÍCIUS ALVES FINCO

ÁREA PREDOMINANTE

ECONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Desenvolvimento rural; Economia
da pobreza; Economia das mudanças
climáticas; Economia pesqueira

INSTITUIÇÃO

UFT

ENDEREÇO

Av. NS 15 ALCNO 14
Palmas – TO – CEP: 77000-000
Tel: (63) 2151279
E-mail: finco@uft.edu.br

NOME DO GRUPO

MODELAGEM METEOROLÓGICA
DO AMAZONAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

ANTÔNIO OCIMAR MANZI

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

LINHAS DE PESQUISA

Computação de alto desempenho;
Ecologia e dinâmica do desmatamento
da Amazônia; Hidrometeorologia;
Previsão numérica do tempo

INSTITUIÇÃO

INPA

ENDEREÇO

Av. André Araújo, 2936 – Petrópolis
CEP: 69083-000 – Manaus – AM
Telfax: (92) 36433238
E-mail: manzi@inpa.gov.br

NOME DO GRUPO

CLIMATOLOGIA DINÂMICA

LÍDER(ES) DO GRUPO

SÉRGIO HENRIQUE FRANCHITO

ÁREA PREDOMINANTE

GEOCIÊNCIAS

LINHAS DE PESQUISA

Climatologia dinâmica; Meteorologia
sinótica; Modelagem climática

INSTITUIÇÃO

INPE

ENDEREÇO

Av. dos Astronautas, 1758
Jd. da Granja – CEP: 12201-970
São José dos Campos – SP
Tel: (12) 39456649/Fax: (12) 39456666
E-mail: fran@cptec.inpe.br
Home page: www.cptec.inpe.br

NOME DO GRUPO

FÍSICA DA CAMADA LIMITE PLANETÁRIA

LÍDER(ES) DO GRUPO

OSVALDO LUIZ LEAL DE MORAES,
OTÁVIO COSTA ACEVEDO

ÁREA PREDOMINANTE

GEOCIÊNCIAS

LINHAS DE PESQUISA

Balanco de carbono e
mudanças climáticas; Decaimento de
turbulência e processos intermitentes;
Turbulência em terrenos complexos

INSTITUIÇÃO

UFSM

ENDEREÇO

Campus Universitário – Camobi
CEP: 97119900 – Santa Maria – RS
Tel: (55)2208616/Fax:(55) 2208032
E-mail: lumet@ccne.ufsm.br
Home page: <http://www.ufsm.br/lumet>

NOME DO GRUPO

NÚCLEO DE PESQUISA E EXTENSÃO
EM MUDANÇAS HIDRO-CLIMÁTICAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

LAURA DE SIMONE BORMA

ÁREA PREDOMINANTE

ENGENHARIAS; ENGENHARIA CIVIL

LINHAS DE PESQUISA

Fluxos de carbono, água e energia
em áreas alagáveis/Araguaia;
O papel dos sistemas fluviais no
balanco regional de carbono

INSTITUIÇÃO

UFT

ENDEREÇO

Quadra 110 Sul, Alameda 13, Lote 28,
Casa 3 – Centro – CEP: 77020-150
Palmas – TO – Tel/Fax: (63) 32251162
E-mail: laura@uft.edu.br

NOME DO GRUPO

ESTUDOS E MANEJO DE PAISAGENS
NATURAIS E ANTRÓPICAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

IRVING BROWN, MARCOS SILVEIRA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS; ECOLOGIA

LINHAS DE PESQUISA

Estudos e manejo de paisagens
naturais e antrópicas

INSTITUIÇÃO

UFAC

ENDEREÇO

Parque Zoobotânico – Campus
Universitário – BR 364 km 4
Distrito Industrial – CEP: 69615-900
Rio Branco – AC
Tel/Fax: (68) 2291642
E-mail: fbrown@uol.com.br
Home page: <http://www.ufac.br>

NOME DO GRUPO

MODELAGEM ACOPLADA
OCEANO-ATMOSFERA

LÍDER(ES) DO GRUPO

PAULO NOBRE

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

LINHAS DE PESQUISA

Modelagem dinâmica de
larga escala dos oceanos

INSTITUIÇÃO

INPE

ENDEREÇO

CEPTEC – Rodovia Presidente Dutra,
Km 39 – Centro – CEP: 12630-000
Cachoeira Paulista – SP
Tel: (12) 31868425
E-mail: pnobre@cptec.inpe.br

NOME DO GRUPO

GRUPO DE MODELAGEM
REGIONAL DA ATMOSFERA

LÍDER(ES) DO GRUPO

CLEMENTE AUGUSTO SOUZA TANAJURA

ÁREA PREDOMINANTE

GEOCIÊNCIAS

LINHAS DE PESQUISA

Downscaling com modelos regionais
da atmosfera; Mudanças climáticas;
Previsibilidade de tempo e clima

INSTITUIÇÃO

LNCC

ENDEREÇO

MCT – Avenida Getúlio Vargas, 333
Quitandinha – CEP: 25651075
Petrópolis – RJ
Tel: (24) 22336164/Fax: (24) 22315595
E-mail: cast@lncc.br

NOME DO GRUPO

INTERAÇÕES BIOSFERA-ATMOSFERA

LÍDER(ES) DO GRUPO

CARLOS AFONSO NOBRE

ÁREA PREDOMINANTE

GEOCIÊNCIAS

LINHAS DE PESQUISA

Estudos de interações biosfera-
atmosfera para a América do Sul;
Extremos climáticos e desastres naturais

INSTITUIÇÃO

INPE

ENDEREÇO

CEPTEC – Rodovia Presidente Dutra,
km 39 – Centro – CEP: 12630-000
Cachoeira Paulista – SP
Tel: (12) 31869400/Fax: (12) 31012855
E-mail: nobre@cptec.inpe.br

NOME DO GRUPO

INTERAÇÕES BIOSFERA-ATMOSFERA
E CICLOS BIOGEOQUÍMICOS
NA AMAZÔNIA

LÍDER(ES) DO GRUPO

FLÁVIO LUIZÃO, ANTÔNIO O. MANZI

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS; ECOLOGIA

LINHAS DE PESQUISA

Dinâmica do carbono e dos
nutrientes minerais em ecossistemas
terrestres na Amazônia

INSTITUIÇÃO

INPA

ENDEREÇO

Av. Efigênio Sales, 2394 – CP 478
Aleixo – CEP: 69011-970
Manaus – AM
Tel: (92) 36431911/Fax: (92) 36423309
E-mail: fluizao@inpa.gov.br

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE FÍSICA ATMOSFÉRICA

LÍDER(ES) DO GRUPO

PAULO EDUARDO ARTAXO NETTO,
JOSÉ VANDERLEI MARTINS

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA; FÍSICA

LINHAS DE PESQUISA

Aerossóis atmosféricos; Instrumentação
para medida de poluentes atmosféricos;
Pesquisas atmosféricas

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

Instituto de Física Rua do Matão,
Travessa R, 187 – Cidade Universitária
CEP: 05508-900 – São Paulo – SP
Tel: (11) 30917016/Fax: (11) 30916749
E-mail: artaxo@if.usp.br

NOME DO GRUPO

NÚCLEO DE ESTUDOS E MODELOS
ESPACIAIS SISTÊMICOS (NEMESIS)

LÍDER(ES) DO GRUPO

EUSTÁQUIO J. REIS,
NEWTON RABELLO DE CASTRO JUNIOR

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

LINHAS DE PESQUISA

Economia do desflorestamento da
Amazônia Brasileira; Sistemas de
informação georeferenciadas (SIG)

INSTITUIÇÃO

IPEA

ENDEREÇO

Antônio Carlos 51 sala 1703
Centro – CEP: 22020-010
Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21)35158680/Fax: (21) 35158615
E-mail: ejreis@ipea.gov.br

NOME DO GRUPO

GRUPO DE RECURSOS HÍDRICOS

LÍDER(ES) DO GRUPO

JOSÉ ALMIR CIRILO,
JAIME PEREIRA CABRAL

ÁREA PREDOMINANTE

ENGENHARIA SANITÁRIA

LINHAS DE PESQUISA

Drenagem urbana; Gestão ambiental de bacias hidrográficas; Recursos hídricos do semi-árido; Salinidade da água no solo

INSTITUIÇÃO

UFPE

ENDEREÇO

Av. Prof. Moraes Rego s/n – Campus
Universitário – CEP: 50740-530
Recife – PE – Tel/Fax: (81) 21267216
E-mail: 44jjspc@npd.ufpe.br

NOME DO GRUPO

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E
SEUS IMPACTOS NA AGRICULTURA
E NOS RECURSOS HÍDRICOS

LÍDER(ES) DO GRUPO

LUIZ CLAUDIO COSTA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS AGRÁRIAS; AGRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Mudanças climáticas e doenças
de plantas; Uso de redes neurais
como técnica de *downscaling*

INSTITUIÇÃO

UFV

ENDEREÇO

Departamento de Engenharia Agrícola
Campus – CEP: 36570-000
Viçosa – MG
Tel: (31) 38991903/Fax: (31) 38992734
E-mail: Lcosta@ufv.br

NOME DO GRUPO

PROGRAMA DE MUDANÇAS
AMBIENTAIS GLOBAIS E SAÚDE

LÍDER(ES) DO GRUPO

ULISSES CONFALONIERI,
MARTHA MACEDO DE LIMA BARATA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS DA SAÚDE; SAÚDE COLETIVA

LINHAS DE PESQUISA

Impactos da variabilidade climática;
Saúde de ecossistemas

INSTITUIÇÃO

FIOCRUZ

ENDEREÇO

Av. Brasil, 4036, sala 703
Manguinhos – CEP: 21040-361
Rio de Janeiro – RJ
Tel/Fax: (21) 22903893
E-mail: pmags@ensp.fiocruz.br

NOME DO GRUPO

TRANSFERÊNCIA DE MATERIAIS NA
INTERFACE CONTINENTE-MAR

LÍDER(ES) DO GRUPO

LUIZ DRUDE DE LACERDA

ÁREA PREDOMINANTE

OCEANOGRAFIA

LINHAS DE PESQUISA

Biogeoquímica de metais e nutrientes
em ecossistemas costeiros tropicais;
Inventário de cargas de nutrientes e
poluentes para a zona costeira

INSTITUIÇÃO

UFF

ENDEREÇO

Campus do Valonguinho s/n – Centro
CEP: 24020-007 – Niterói – RJ
Tel/Fax: (21)32421263
E-mail: pgcmt@labomar.ufc.br

NOME DO GRUPO

MODELAGEM E SIMULAÇÃO
EM AGROMETEOROLOGIA

LÍDER(ES) DO GRUPO

EDUARDO ASSAD, HILTON PINTO

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS AGRÁRIAS; AGRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Agroclimatologia; Mineração de
dados modelagem agroclimatológica

INSTITUIÇÃO

EMBRAPA

ENDEREÇO

Cnptia – Av. André Tosello n. 209
Campus Unicamp – Barão Geraldo
CEP: 13083-886 – Campinas – SP
Tel: (19) 37895805/Fax: (19) 37895711
E-mail: agroclim@cnptia.embrapa.br

NOME DO GRUPO

LIMNOLOGIA

LÍDER(ES) DO GRUPO

JOSÉ GALIZIA TUNDISI,
TAKAKO MATSUMURA TUNDISI

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS; ECOLOGIA

LINHAS DE PESQUISA

Bacterioplankton e picofitoplankton;
Ecologia de reservatórios;
Sequestro de carbono

INSTITUIÇÃO

INSTITUTO INTERNACIONAL
DE ECOLOGIA

ENDEREÇO

Rua Bento Carlos, 750 Sala B – Centro
CEP: 13560-660 – São Carlos – SP
Tel/Fax: (16) 33715726
E-mail: jgt.iie@iie.com.br

NOME DO GRUPO

VALIDAÇÃO DE MODELOS DE
CIRCULAÇÃO GLOBAL DA ATMOSFERA

LÍDER(ES) DO GRUPO

IRACEMA FONSECA CAVALCANTI,
JOSÉ ANTÔNIO MARENGO ORSINI

ÁREA PREDOMINANTE

GEOCIÊNCIAS

LINHAS DE PESQUISA

Aplicação de novos esquemas
de parametrização; Aspectos sinóticos
em simulação de longo prazo

INSTITUIÇÃO

INPE

ENDEREÇO

Via Dutra Km.40 – CEP: 12360-000
Cachoeira Paulista – SP
Tel: (12) 31868478/Fax: (12) 31012835
E-mail: iracema@cptec.inpe.br

NOME DO GRUPO

DINÂMICA DE CARBONO E GASES
DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMAS
AGROPECUÁRIOS, FLORESTAIS
E AGROFLORESTAIS BRASILEIROS

LÍDER(ES) DO GRUPO

MAGDA DE LIMA, TATIANA DE ABREU SÁ

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS AGRÁRIAS; AGRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Balço de carbono;
Geoprocessamento; Sensoriamento
remoto

INSTITUIÇÃO

EMBRAPA

ENDEREÇO

Rodovia SP-340, km 127,5
CEP: 13820-000 – Jaguariúna – SP
Tel: (19) 38678745/Fax: (19) 38678740
E-mail: magda@cnpma.embrapa.br

NOME DO GRUPO

MUDANÇAS CLIMÁTICAS,
CARBONO E O MANEJO DE FLORESTAS
SUBTROPICAIS BRASILEIRAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

EDILSON OLIVEIRA, CLÁUDIA MAIA

ÁREA PREDOMINANTE

ENGENHARIA FLORESTAL

LINHAS DE PESQUISA

Carbono e amostragem de solos
florestais; Mercado de carbono;
Monitoramento de agroquímicos
em ambientes fluviais

INSTITUIÇÃO

EMBRAPA

ENDEREÇO

Estrada da Ribeira, s/n, km 111
CEP: 83411-000 – Colombo – PR
Tel: (41) 6755600/Fax: (41) 6755737
E-mail: maia@cnpf.embrapa.br

NOME DO GRUPO

IMPACTO DE EVENTOS DE BAIXA
FREQUÊNCIA NA ATMOSFERA SOBRE
O CLIMA DAS AMÉRICAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

TERCIO AMBRIZZI, ROSMERI DA ROCHA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

LINHAS DE PESQUISA

Estudos numéricos e observacionais;
Propagação hemisférica de
ciclones e anticiclones

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

Rua do Matão, 1226 C. Universitária
CEP: 05508-090 – São Paulo – SP
Tel: (11) 30914731/Fax: (11) 30914714
E-mail: ambrizzi@model.iag.usp.br

NOME DO GRUPO

IMPACTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS
GLOBAIS SOBRE A PROTEÇÃO
DE PLANTAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

RAQUEL GHINI, EMÍLIA HAMADA

ÁREA PREDOMINANTE

CIÊNCIAS AGRÁRIAS; AGRONOMIA

LINHAS DE PESQUISA

Efeito do aumento da concentração
de CO₂ sobre doenças de plantas;
Impacto na distribuição geográfica de
doenças e pragas de plantas

INSTITUIÇÃO

EMBRAPA

ENDEREÇO

Rodovia SP 340, Km 127,5
CEP: 13820-000 – Jaguariúna – SP
Tel: (19) 38678764/Fax: (19) 38678740
E-mail: raquel@cnpma.embrapa.br

NOME DO GRUPO

NÚCLEO DE PESQUISAS
ANTÁRTICAS E CLIMÁTICAS

LÍDER(ES) DO GRUPO

JEFFERSON SIMÕES, NORBERTO DANI

ÁREA PREDOMINANTE

GEOCIÊNCIAS

LINHAS DE PESQUISA

Dinâmica e morfologia glacial;
Glacioquímica; Interpretação ambiental
de testemunhos de neve e gelo

INSTITUIÇÃO

UFRGS

ENDEREÇO

Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio
43136, sala 210 – Agronomia
CEP: 91501-970 – Porto Alegre – RS
Tel: (51) 33087327/Fax: (51) 33087324
E-mail: jefferson.simoes@ufrgs.br

DOCUMENTÁRIO NAS ALTURAS DA SERRA DO CAPARAÓ

Caparaó, documentário de Flávio Frederico, vencedor do Festival “É tudo verdade” de 2006, acaba de estreitar em circuito nacional. Baseado em pesquisa cuidadosa, o filme busca reconstituir, por meio de depoimentos e imagens atuais e de arquivo, o primeiro episódio de luta armada contra a ditadura militar no Brasil, nos anos 60. Com trilha sonora bem cuidada, montagem afinada e direção consciente, *Caparaó* seduz pelo tema, teor dos testemunhos e talvez, principalmente, por recriar uma atmosfera de idealismo, tão rarefeita nos dias de hoje.

O foco é a Serra do Caparaó, na divisa do Espírito Santo com Minas Gerais. Mas o filme varre o território nacional em busca dos personagens do episódio. Aprende-se que, na verdade, o episódio Caparaó nasce no Sul – mais precisamente no Uruguai – de onde Brizola, então exilado, envia dinheiro e instruções ao grupo de ex-militares expurgados pelo regime. Esse grupo se organiza em Porto Alegre, e a primeira tentativa de guerrilha, frustrada, se dá em Criciúma. De lá o grupo parte para Caparaó, no sudeste do país, para estruturar uma resistência no campo. Apoiados pelo governo de Fidel Castro e na expectativa de criarem uma “Sierra Maestra” brasileira, os guerrilheiros do Caparaó passam bom tempo nas montanhas se pre-

parando, à espera de uma ordem para entrar em ação que nunca chega. Com saúde e moral abalados nessa espera, os militantes acabam presos antes mesmo de a guerrilha ser efetivamente deflagrada. O episódio resultou na morte de um dos revolucionários, assassinado pelo exército. Alguns dos depoentes reconhecem o caráter “Brancaleone” ou quixotesco da empreitada, mas não escondem o orgulho e a certeza de que tiveram um papel no combate à ditadura. No conjunto, *Caparaó* procura recriar a atmosfera de utopia revolucionária, idealismo e até uma boa dose de ingenuidade, alguns reconhecem, daquele período, talvez incompreensível para as gerações mais novas.

Em *Caparaó*, o diretor Flávio Frederico opta por um mosaico de entrevistas. O filme mescla película e digital. A câmera deixa e volta ao tripé com alguma frequência, numa variação de registro e estilo que pede o olhar atento, numa constante vigília. Para Fernão Ramos, pesquisador e professor de cinema do Departamento de Multimeios do Instituto de Artes da Unicamp, essa é uma produção representativa do documentarismo contemporâneo: “*Caparaó* parte do documentário clássico, ou seja, que estabelece asserções sobre o mundo, sobre um determinado momento histórico, mas usa também depoimentos de persona-



Fotos: divulgação

gens que viveram a época, imagens de arquivo, voz *over* na forma de texto, etc.”. Ramos acredita que o trauma da ditadura ainda deve render muitas produções. “Parte da geração que viveu intensamente o período continua produzindo e, assim, o tema volta frequentemente à tona, numa espécie de ‘eterno retorno’. E não apenas no cinema documentário, mas também no cinema de ficção. Somados ficção e documentário, chegamos tranquilamente a 20 ou 30 filmes versando sobre a ditadura”, observa o pesquisador. Sob o signo do cinema de Eduardo Coutinho, *Caparaó* parece bem-sucedido em seu movimento de reconstituição dos conflitos interiores de seus personagens e dilemas morais do grupo. Os momentos de controvérsia ou frustração dão vida à narrativa e respondem por algumas das melhores passagens do filme. Se *Caparaó* não é inovador, é um filme sedutor pela eficiência.



Equipe de filmagem gravando no local onde ficaram os guerrilheiros

Como surgiu a idéia do filme?

FLÁVIO FREDERICO Em 2002/2003 eu estava fazendo um documentário chamado *Serra*, sobre a Mantiqueira, uma espécie de *road movie* em que perguntava onde terminava a serra. Acabei chegando à conclusão de que era no maciço do Caparaó. Como já sabia alguma coisa sobre a guerrilha, aproveitei a ida para pesquisar. Achei três ou quatro personagens da época e que foram fundamentais para o filme. Deixei Caparaó com muita vontade de contar essa história. Montei o projeto, viabilizei o custo de quase R\$500 mil pela Lei Mendonça e fui atrás de outros guerrilheiros. Assim nasceu o filme, a partir do interesse despertado pela montanha.

Quanto tempo durou a pesquisa?

Na verdade, a pesquisa durou o filme inteiro. A fase inicial durou uns seis meses, enquanto eu ainda terminava o *Serra* e começava a viabilizar

o *Caparaó*. Depois fiz pesquisas no Rio, São Paulo e na região de Caparaó. O melhor documento que encontrei foi um trabalho acadêmico de Esther Cooperman. O escritor capixaba José Caldas também me ajudou muito. Ele está lançando um livro sobre a guerrilha de Caparaó agora, junto com o filme, e me deu o contato de todos os guerrilheiros.

Como foi o trabalho de roteiro?

Havia um roteiro inicial que funcionou como guia. Decidi, desde o início, que o filme não teria narrador, que a história seria contada pelo encadeamento dos depoimentos. Então o roteiro se fez muito na montagem, o que demorou cerca de um ano e meio. Algumas pessoas me ajudaram a formalizar o roteiro: Mariana Pamplona, Priscila Torres, Silvio Da-Rin, e o historiador Paulo Canabrava. Quanto aos recursos, a maior parte veio pela Lei Mendonça e, agora, recebemos

R\$ 90 mil da Petrobras, via Lei Rouanet, para distribuição pelo sistema Rain [digital].

Houve dificuldades em viabilizar o projeto devido ao tema da ditadura?

O exército não cooperou, mas a PM de Minas foi muito receptiva. Para eles, esse episódio é motivo de orgulho, ainda que Caparaó sempre tenha sido meio ridicularizado, tanto pela direita quanto pela esquerda. Uma das primeiras matérias que li sobre Caparaó na internet trazia o título “O incrível exército de Brizoleone”. Isso me seduziu.

Que suportes foram usados na filmagem?

Usei tudo. Gosto disso em documentário. Os depoimentos sempre tentei fazer com DV-Cam, com o modelo de câmera grande, cujo resultado é superior. Os depoimentos menos centrais captei com a minha câmera PD-150. Nas filmagens externas, de paisagens, e mesmo alguns retratinhos, usava uma câmera 16mm. A paisagem era muito presente na história, e isso pedia a película. Usei, ainda, algumas imagens que eu já tinha rodado para o *Serra* em Super-16; uma câmera mini-DV em algumas cenas; material de arquivo em vídeo; e recuperei imagens de Caparaó, de época, encontradas nas sobras da Tupi do acervo da Cinemateca Brasileira.

Como foi o relacionamento com os personagens?

Em geral, as pessoas colaboraram muito, abrindo seu coração, dividindo as suas lembranças, pois queriam contar bem essa história. O ca-

so mais complicado foi o do major Zezinho, ex-funcionário do serviço secreto da PM, que, inicialmente, se negou a gravar. Mudou de idéia, mas o depoimento foi meio tenso.

E como foi colher o depoimento dos delatores?

Eles não têm essa consciência, na verdade. Para o regime eles viraram heróis, a comunidade local era conservadora. No fundo, eles têm orgulho de tudo isso.

Em Caparaó se percebe um ou outro momento de encenação...

Fui reticente no início, porque acho que sempre fica ruim. Mas os dois relatos sobre a prisão dos guerrilheiros eram tão diferentes que percebi ser um bom momento para dar uma “tensão” no filme. Resolvi, então, filmar como se um repórter documental estivesse ali. Fizemos sem luz, em condições precárias, mas com a produção de arte em cima de detalhes precisos, orientada pelo Amadeu Felipe, o líder da guerrilha.

E a foto do cartaz de Caparaó, qual a história dela?

Essa foto está no arquivo de *O Estado de S. Paulo*, no acervo do jornal *Última Hora*, que cobriu muito bem o evento na época. Ela tem o valor simbólico de ter salvo a vida dos guerrilheiros. Acredita-se que, graças à divulgação dessa foto e dos RGs dos prisioneiros, por iniciativa do coronel Amaral, da PM mineira, o exército decidiu não matar os revolucionários, apesar de ter assassinado um deles – curiosamente, o único civil.

Por Alfredo Luiz Suppia

ARTE CONTEMPORÂNEA

PARCERIA DA FAPESP COM O MUSEU DE HOUSTON

O inventário da arte brasileira do século XX começa a ser feito por uma equipe multidisciplinar coordenada pela historiadora de arte Ana Maria Beluzzo. A pesquisadora é a responsável pelo convênio assinado, em maio último, entre o The Museum of Fine Arts de Houston (MFAH), dos Estados Unidos, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Trata-se de uma cooperação para o desenvolvimento do projeto “Arte no Brasil: textos críticos do século XX”. O valor do investimento é de R\$ 1,3 milhão nos primeiros dois anos de vigência do acordo. Desse total, a Fapesp participa com cerca de R\$ 405,5 mil e o MFAH com R\$ 891,7 mil. O trabalho – de largo espectro e iniciado em 2003, com outros seis países latino-americanos: Argentina, Chile, Colômbia, México, Peru e Venezuela – integra o “Documentos do século XX – arte latino-americana e latino-norte-americana”, criado pelo International Center of the Arts of the Américas (ICAA), do museu norte-americano, sob orientação da crítica e curadora, Mari Carmen Ramirez. Foram feitos convênios locais com o museu norte-americano, para que cada país desenvolva seu próprio projeto. Pela

primeira vez, será feito o registro da arte produzida pela população de origem latina que vive nos EUA. O resultado formará bancos de dados digitais, reunidos em um portal internacional contendo toda a crítica à arte contemporânea do continente. O trabalho da equipe brasileira consiste em fazer a pesquisa e a análise de textos, manifestos, depoimentos e cartas pouco conhecidos, produzidos por artistas, críticos e historiadores da arte desde as primeiras décadas do século passado, chegando até os anos 1980. Além do acervo digital, uma série de atividades estão previstas no convênio, como palestras, seminários, exposições e publicações impressas.

ACERVO TRILINGUE Ana Maria destaca que o arquivo será em três línguas – português, espanhol e inglês – e que o desafio é adequar os termos de cada um dos países envolvidos a um vocabulário internacional. Ela acrescenta que as metodologias são diferenciadas em cada país envolvido, mas o acervo deverá reunir, pela primeira vez, toda a história artística da região assim como ajustar as terminologias adotadas: “só como exemplo, a palavra modernismo tem conceitos diferentes em cada um dos idiomas”. Foram pré-selecionados cerca de 200 documentos considerados fundamentais para uma reflexão aprofundada da área. O projeto prevê, ainda, a edição de coletâneas, com textos originalmente publicados em títulos já esgotados, revistas, catálogos de exposição e escritos inéditos.

Wanda Jorge



Reprodução

LITERATURA

CLARICE LISPECTOR E *A HORA DA ESTRELA*

O Museu da Língua Portuguesa, em São Paulo, inaugurado há pouco mais de um ano com a exposição da obra de Guimarães Rosa, abre seu espaço, agora, para a escritora Clarice Lispector. É a chance do público conhecer as diversas faces dessa ucraniana, que declarou abertamente seu amor à língua portuguesa em suas obras. Rosa lhe disse que não a lia para a literatura, e sim para a vida, o que muito a lisonjeou. O psicanalista e amigo Hélio Pellegrino a definiu como “uma pessoa com uma dramática vocação de integridade e totalidade”.

Ao mesmo tempo que escrever lhe dá um sentimento de realização, também lhe provoca dor: reescrevia os livros obsessivamente, incapaz de lê-

TRECHO DO LIVRO *ÁGUA VIVA*, DE 1973:

“... Então escrever é o modo de quem tem a palavra como isca: a palavra pescando o que não é palavra. Quando essa não-palavra – a entrelinha – morde a isca, alguma coisa se escreveu. Uma vez que se pescou a entrelinha, poder-se-ia com alívio jogar a palavra fora...”

los depois de publicados. Viajou pela Europa e morou em diversos países, experiência que deixou marcas em crônicas, cartas e entrevistas (*A descoberta do mundo, Para não esquecer*). Suas entrevistas não são nada convencionais, e muitas vezes acabam por revelar mais da própria entrevistadora. Parte do acervo de Clarice está nessa exposição em São Paulo, que tem em sala reservada aos visitantes uma espécie de “caça ao tesouro”: gavetas que contêm rascunhos, cartas, fragmentos de uma personalidade complexa e fascinante. Clarice reclamava da necessidade de se mostrar inteligente todo o tempo, das cerimônias oficiais acompanhando o marido diplomata Maury Gurgel Valente (em *Cartas perto do coração*, sua correspondência com Fernando Sabino). No Brasil, Brasília seria “a imagem de seu pesadelo”, enquanto a Recife de sua infância nutre de lembranças seus escritos. Seus filhos foram inspiração de diversos livros infantis: *O mistério do coelho pensante*, *A mulher que matou os peixes*, entre outros.

O TEMA DA MORTE Clarice conversava e escrevia sobre a morte. Ganhou fama de “lúgubre”, “sombria” e pessimista como os existencialistas. No entanto, era capaz de ver o ato de amor como uma assombrosa revelação – *Água viva*, 1973. Dizia que “viver ultrapassa todo o entendimento”, e sua escrita é extremamente viva. Considerada introspectiva, a escritora não se voltava somente para dentro de si. A morte de um bandido, com muitos tiros, por exemplo, provoca-lhe um texto em que se diz atingida pelas balas. Em *A hora da estrela* questiona a capacidade dos intelectuais de realmente entenderem e se fazerem porta-vozes dos desvalidos.

Em entrevista à TV Cultura, nega-se a dizer de onde veio o nome da personagem Macabéa, mas como não evocar, por contraste, a perfidiosa e ardilosa Lady Macbeth, de William Shakespeare? A escritora negava ter influências diretas, mas é inevitável a comparação com Virginia Woolf, por exemplo, em *Mrs Dalloway*, feito principalmente do fluxo de pensamentos, sentimentos, impressões e lembranças da protagonista. Tinha consciência aguda de que a escrita só se completa na leitura, e não acobertava para o leitor os rastros de sua ficção a fim de tornar o texto mais “real” ou “realista”. Recusava as acusações de que escrevia de forma difícil: “O que escrevo é simples. Eu não enfeito”. Pouco depois do lançamento de *A hora da estrela*, em 9 de dezembro de 1977, Clarice morria pela última vez. Afinal, como sempre dizia, morria sempre que concluía um livro.

Flávia Natércia

LANÇAMENTO

OBRA MOSTRA A FORMAÇÃO DO BRASIL MUITO ANTES DE CABRAL

É possível imaginar preguiças-gigantes de quatro toneladas e quase quatro metros de altura se relaxando à sombra de uma árvore no interior de Minas Gerais? Ou, ainda, acreditar que, por essas mesmas paragens, o homem chegou a conviver com imensos mastodontes e tigres-dentes-de-sabre, parentes próximos daqueles animais pré-históricos que protagonizam o desenho animado *A era do gelo*? Uma obra de fôlego dá fundamentos para isso e sacia a curiosidade dos leigos que se interessam por nossas origens: trata-se do livro *Pré-história do Brasil*, organizado por Bia Hetzel e Silvia Negreiros e recém-lançado pela editora Manati.

A sofisticada edição de 227 páginas em capa dura, que teve lançamento simultâneo em português e inglês em abril, é dividida em duas partes. A primeira traz textos que seguem uma linha cronológica que começa com a formação geológica do planeta há três bilhões de anos atrás, passando pela separação dos continentes e por eventos comprovadamente ocorridos no Brasil, como derramamento de lavas vulcânicas, terremotos e quedas de grandes asteróides e cometas. Após mencionar dinossauros, como os de sete metros de comprimento e quatro de altura en-



Foto: reprodução do livro

contrados em Mato Grosso, e pterossauros com 52 dentes, uma crista óssea de um metro na cabeça e asas com quatro metros de envergadura, encontrados na chapada de Araripe, nas divisas de Ceará, Piauí e Pernambuco, essa primeira parte do livro fala de uma megafauna que viveu aqui e incluía animais como preguiças-gigantes, mastodontes e tigres-dentes-de-sabre, todos extintos. Em seguida, os textos apresentam os primeiros humanos a habitar o Brasil, seus hábitos, sua cultura, suas migrações pelo país, os conflitos entre povos diferentes e a sua dizimação pelo domínio europeu.

No começo do século XIX, o naturalista dinamarquês Peter Lund, que veio ao Brasil para se curar de uma tuberculose, descobriu por acaso que cavernas da região de Lagoa Santa, em Minas, guardavam imensas ossadas muito antigas — que mais tarde se saberia pertencerem a humanos e a animais pré-históricos como aqueles. Embora soubesse da importância do achado,

que o fez passar 46 anos de sua vida em Lagoa Santa, boa parte deles dedicados a pesquisas nas cavernas da região, Lund talvez não imaginasse que seus estudos iriam contribuir para a teoria da evolução de seu contemporâneo Charles Darwin e para o início de importantes descobertas que iriam redefinir as hipóteses sobre a antiguidade da presença do homem no continente americano.

Além dos ossos encontrados em Lagoa Santa, outros indícios de que o homem já ocupava as Américas há mais tempo do que se imaginava são pinturas em paredes de grutas como as da região de São Raimundo Nonato, no Piauí, com datações de mais de 11 mil anos atrás. Dos achados de Lund para cá, muita coisa se descobriu sobre o passado da ocupação do território brasileiro antes da chegada da esquadra de Cabral. Boa parte das pesquisas realizadas para desvendar esse passado, que ganharam impulso no Brasil nos anos 1980 e 1990, estiveram restritas por muito tempo à divulgação no meio acadêmico, através de revistas especializadas — com algumas exceções, como a descoberta de Luzia, que mereceu destaque da imprensa nacional e internacional por ser tida como o fóssil humano mais antigo das Américas.

O PASSADO RECONTADO “[O livro] é uma síntese dos resultados de pesquisa da nossa pré-história realizada por conceituados arqueólogos, antropólogos e paleontólogos. Mostra como o estudo do passado está sendo feito e que, com o avanço das ciências envolvidas, provavelmente ainda haverá alterações em uma parte significativa do que já sabe-

mos”, afirma a arqueóloga Madu Gaspar, do Museu Nacional, ligado à Universidade Federal do Rio de Janeiro, responsável pela coordenação científica na elaboração do livro. Juntamente com Wagner de Oliveira, ela entrevistou vinte pesquisadores de diversas áreas e instituições, como o antropólogo evolutivo Walter Neves, da USP, que estuda as características biológicas dos primeiros americanos e foi o responsável pela definição dos traços de Luzia, e a arqueóloga Niéde Guidon, presidente da Fundação Museu do Homem Americano, que administra em parceria com o Ibama o Parque Nacional da Serra da Capivara, no Piauí, onde há inúmeros sítios arqueológicos e a maior quantidade de pinturas rupestres conhecidas nas Américas.

A segunda parte do livro *Pré-história do Brasil* dá uma idéia do vasto tesouro de arte rupestre já descoberto e estudado no país. As fotos das pinturas rupestres do Parque Nacional da Serra da Capivara e das formações geológicas dos sítios onde elas foram encontradas são apenas uma parte de mais de cem páginas com acima de 250 ilustrações de formações rochosas, pinturas e gravuras de nove estados das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil. Dentre os dez fotógrafos responsáveis pelo ensaio “Brasil rupestre” que compõe a segunda parte do livro está Bernardo Magalhães, que teve 40 registros de sua autoria, de pinturas e gravuras rupestres, selecionados para uma exposição que ficou aberta ao público em abril no Museu Histórico do Exército, no Forte de Copacabana, no Rio de Janeiro.

Bernardo Magalhães



Fotos do Abrigo Rochoso da Pedra Furada (acima); pinturas rupestres em Casa Santa -Carnaúba dos Dantas; no teto da Toca do Pajaú; e na Toca dos Búzios

MULTIDISCIPLINAR “Para organizar esse panorama de descobertas e imagens da pré-história de um país que é quase um continente, temos de mergulhar em escorregadios e, em muitos aspectos, ainda incompletos campos do conhecimento que são a arqueologia, a antropologia ecológica, a paleontologia e a biologia”, diz Bia Hetzel que também colaborou com o trabalho de pesquisa geral, de imagens e com a edição de textos. Em relação a esses campos “escorregadios” do conhecimento, os responsáveis pelo livro *Pré-história do Brasil* não têm receio em mostrar as incertezas das ciências, o fervor dos debates de correntes contrárias, as mudanças de visão sobre o passado e o quanto ainda há por descobrir. A obra tem, ainda, uma seção que é um verdadeiro apelo a esforços de preservação e divulgação do patrimônio cultural, focando sua importância para a formação da identidade brasileira.

Rodrigo Cunha

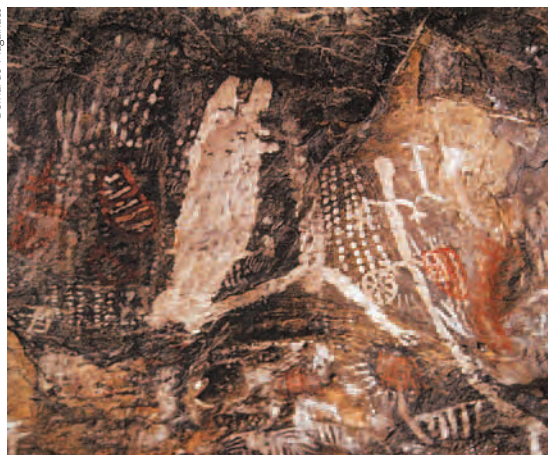
Bernardo Magalhães



Mariana Massarani



Bernardo Magalhães



P O E S I A

IDALIA MOREJÓN ARNAIZ

SAMURAI

una lágrima saca una palabra
una palabra seca una lágrima
en los contornos de una lámina afilada
poso mi lengua

SAMURAI

uma lágrima saca uma palavra
uma palavra seca uma lágrima
nos contornos de uma lâmina afiada
pouso minha língua.

NO POÉTICA

vive en la poesía
dicen
una heredad distinta de la sangre
esperan que de la certidumbre haga yo un camino

las palabras son coágulos brillantes
como estrellas

NÃO POÉTICA

vive na poesia
dizem
uma herança distinta do sangue
esperam que da certeza eu faça um caminho

as palavras são coágulos brilhantes
como estrelas

MODO DE DESTRUIR ALTARES

enróscate fetalmente en la bolsa
escrotal
de la madre poiesis

tiéndete al sol como un lagarto
observa los astros

un paso más y estarás
dentro
chu-pan-do-lo-po-co

que se puede extraer
de un alma

MODO DE DESTRUIR ALTARES

enrosca-te na bolsa
escrotal
da mãe de poiesis

estira-te ao sol como um lagarto
observa os astros

um passo mais e estarás
dentro
chu-pan-do-o-pou-co

que se pode extrair
de uma alma

Idalia Morejón Arnaiz (1965) é poeta, ensaísta e crítica literária. Licenciada em língua e literatura francesa pela Universidad de La Habana. Mestre e doutora em letras pela USP. Autora do caderno de ensaios Cartas a un cazador de pájaros (Letras Cubanas, 2000). Sua produção crítica foi premiada em 2005 pela Oficina de Cooperación Cultural de la Embajada de España en Cuba, com o ensaio "Eppure si muove: las transformaciones de la norma poética en Cuba" (Madrid, Editorial Verbum, 2006). Correspondente do diário eletrônico Encuentro en la Red (Madrid). Desde 1997 vive em São Paulo.

**Os poemas foram traduzidos para o português por Carlos Vogt e Alcir Pécora.*

DAVID OSCAR VAZ

CHUVA OBLÍQUA

Irene veio, Cássia. Por me amar e por eu ter-lhe negado o meu amor, Cássia, talvez você seja a única pessoa que possa compreender profundamente o que sinto. Talvez esta história tão banal, sem grandes intrigas como a que me propôs Ângelo, sem reviravoltas no desfecho, sem mortes nem detetives, tenha você, Cássia, como a única leitora possível. No final da festa, quando você já havia partido, Irene veio e trouxe o seu namorado Jorge, que ficou felizmente à sombra. Ela veio, deu-me o livro e pediu uma dedicatória – pelo que vivemos, está bem – Irene disse. Ela veio ao lançamento do meu livro, Cássia; e eu escrevi apenas como dedicatória: *“por tudo que não vivemos, que é muito maior”*. Ela me abraçou, me beijou e, outra vez, partiu. Ficou no meu corpo não sei que quinta-essência de Irene. Reparei melhor, ficaram as duas xícaras de café sobre a toalha branca como o retrato da solidão. Irene havia partido com Jorge; paguei a conta e saí novamente para a Paulista. Outra vez te revejo, e os sentimentos já são tão diversos dos que trazia há pouco. Às minhas costas ficou o Paraíso, e sigo caminho para não sei onde. A Paulista já não me é a mesma, me foi levada àquela noite pela água que escorre para as bocas de lobo. Caminho por uma avenida quase já desprovida de gente, caminho por uma avenida para sempre desencantada de Irene.

Realização



Sociedade Brasileira para o
Progresso da Ciência

Apoio

