



# FOLHA AMAZÔNICA

BOLETIM DO PROGRAMA LBA

PROGRAMA DE GRANDE ESCALA DA  
BIOSFERA-ATMOSFERA NA AMAZÔNIA  
*SINERGIAS, COOPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO*

ANO 8 - Nº. 14 - NOVEMBRO 2008 - UMA PUBLICAÇÃO DO PROGRAMA LBA - FOLHA AMAZÔNICA

[HTTP://LBA.INPA.GOV.BR](http://lba.inpa.gov.br)

Luiz Antonio Barreto de Castro (MCT/SEPED)  
**Presidente do Conselho Diretor do LBA**

Adalberto Luis Val  
**Diretor do INPA**

Antonio O. Manzi (INPA)  
**Gerente Executivo do LBA**

Rita Mesquita (INPA)  
**Presidente do Comitê Científico  
Internacional do LBA**

**Colaboradores desta Edição**

Alex Vladimir Krusche (CENA-USP)  
Beatriz Machado Gomes (UNIR)  
Carlos de Souza Jr. (Imazon)  
Cleber Salimon (UFAC)  
Christopher Neill (MBL, EUA)  
Diógenes Alves (INPE)  
Flávio J. Luizão (INPA)  
Hilandia Brandão da Cunha (INPA)  
Humberto Rocha (USP)  
Irving Foster Brown (WHRC; UFAC)  
Jeffrey Chambers (Tulane University, EUA)  
Jeffrey Richey (UW-EUA)  
Kelli Munhoz (UNEMAT)  
Laura Borma (UFT e USP-Leste)  
Linda Deegan (MBL-EUA)  
Maria Assunção F. da Silva Dias (USP, CPTEC)  
Maria Emilia Sales (MPEG)  
Maria Victoria Ramos Ballester (CENA-USP)  
Mark Stephen Johnson (University  
of British Columbia, EUA)  
Mateus Batistella (Embrapa -  
Monitoramento por Satélite)  
Niro Higuchi (INPA)  
Paulo Moutinho (IPAM; WHRC)  
Peter Griffith (NASA/SSAI)  
Reynaldo Luiz Victoria (CENA-USP)  
Roosevelt Barbosa (EAFSGC)  
Wilfrid Schroeder (UMd, EUA)

**Coordenação Editorial:**

Flávio Luizão (editor)  
Ivani Pereira (editora associada)

**Revisão Técnica:**

Mateus Batistella (EMBRAPA -  
Monitoramento por Satélite)

**Jornalista responsável:**

Luis Mansueto (INPA) - MTD:198

**Comentários e sugestões:**

Folha Amazônica: <http://lba.inpa.gov.br/lba/>

**Projeto Gráfico**

D4M Advertising - [www.d4m.com.br](http://www.d4m.com.br)

**Diagramação**

Adriana Scauri

## Nesta Edição

- 03 Apresentação**
- 04 Introdução**
- 06 O Programa LBA**  
Sinergias, cooperação, integração
- 13 O poder transformador da ciência**  
e o papel do LBA
- 15 Variabilidade Climática**  
e o Uso da Terra na Amazônia
- 18 Trajetórias de mudança**  
do Uso da Terra na Amazônia
- 20 O papel dos sistemas dos rios**  
no balanço regional e global de carbono
- 23 O estoque de carbono das florestas maduras:**  
uma questão ainda a ser resolvida
- 25 Sistemas Agroflorestais**  
Alternativas viáveis para agricultura em pequena escala
- 29 Mapeamento e monitoramento de eventos de fogo:**  
tendências dos futuros sistemas de monitoramento  
por satélite. Implicações para os estudos de longo  
prazo do LBA
- 30 Um sistema de alerta para inundações, secas e incêndios**  
na Amazônia Sul-Occidental: os primeiros passos
- 31 Avanços no monitoramento de florestas tropicais**
- 33 Lições do passado, desafios do futuro:**  
entre a biosfera e a atmosfera estamos nós

## O papel dos sistemas dos rios no balanço regional e global de carbono

### Resultados recentes do LBA apontam novos caminhos para estudos sobre trocas de carbono entre os ambientes aquáticos e a atmosfera

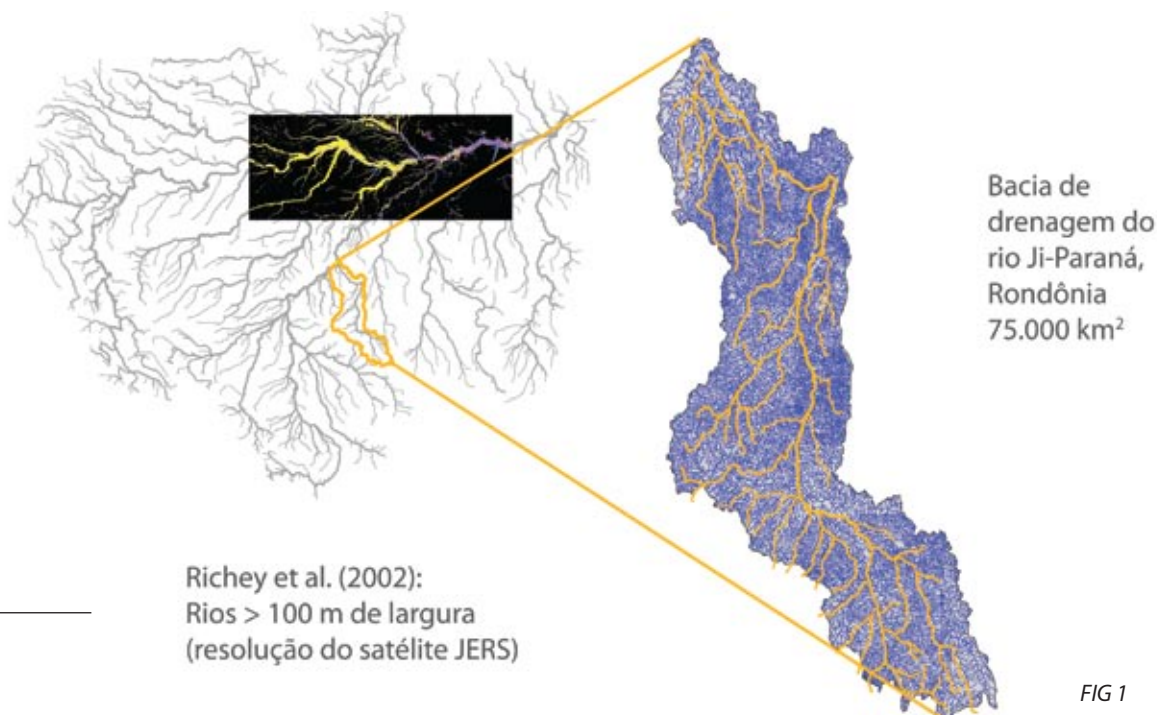
Até por volta de 2002, os estudos sobre o papel dos rios nos ciclos do carbono ainda refletiam o paradigma tradicional que lhes atribuía um papel menor nas trocas de carbono com a atmosfera. Entretanto, o conhecimento produzido pelo LBA sobre os ambientes aquáticos e suas interações com ecossistemas terrestres vêm mudando essa perspectiva. A comunidade científica cada vez mais reconhece a importância dos sistemas fluviais nos ciclos biogeoquímicos e hoje, não somente as taxas de trocas de carbono entre os sistemas fluviais e a atmosfera vêm sendo reavaliadas, mas também a influência antrópica na sedimentação continental, nos reservatórios e materiais resultantes do intemperismo de rochas associadas aos ciclos biogeoquímicos e transporte de carbono.

As pesquisas do LBA demonstram que as águas continentais da bacia recebem aproximadamente  $1.9 \text{ Pg C yr}^{-1}$  de fontes naturais e antrópicas, um valor quase duas vezes maior que o carbono transportado da terra para o oceano, uma forte indicação de que os ecossistemas de água doce são partes ativas do ciclo global de carbono e ainda, que a biosfe-

ra deve ser considerada como uma rede de sítios metabolicamente ativos e interconectados. Nessa linha, a bacia Amazônica, que contém a maior bacia hidrográfica e a maior extensão de florestas primárias do mundo, pode ter um papel importante na reciclagem de carbono a partir de processos biogeoquímicos de ambientes aquáticos, embora ainda não completamente entendidos.

A bacia do rio Amazonas é responsável por 20% da descarga de água doce de todo o mundo no oceano, mas transporta menos de 10% do fluxo global de carbono fluvial ( $1.1 \text{ Gt C yr}^{-1}$ ). Esse transporte ocorre como  $0.036 \text{ Gt yr}^{-1}$  de carbono orgânico (particulado mais carbono dissolvido) e  $0.035 \text{ Gt C}$  como carbono inorgânico dissolvido. Apesar destes valores serem relativamente pequenos, é preciso lembrar que somados todos os aportes globais para os oceanos via sistemas fluviais, obtém-se uma ordem de grandeza próxima daquela resultante da troca líquida deste elemento entre os oceanos e a atmosfera. Entretanto, estudos do LBA mostraram que o volume de carbono transportado de rios e áreas alagadas para a atmosfera é treze vezes maior

“Uma coisa que ninguém discutia antes é o papel que o ambiente aquático tem na ciclagem de carbono na Amazônia...”<sup>1</sup>  
**Reynaldo Victoria**



<sup>1</sup> Em entrevista mostrada no Vídeo Institucional LBA

FIG 1

do que as estimativas mais baixas de troca líquida do ecossistema estimadas em estudos que consideram as florestas como um sumidouro de carbono. Na época, tais estimativas se basearam na extrapolação, para toda a bacia, dos resultados obtidos em um quadrante central da planície amazônica, abrangendo em torno de 1,7 milhões de km<sup>2</sup>. Portanto, pouco se sabia sobre a importância do restante desta imensa rede de drenagem.

### Os pequenos também contam...

Apesar de os valores calculados por Richey et al. (2002) serem significativos, os dados de campo de CO<sub>2</sub> resultam de amostragens de grandes rios e planícies alagadas. Nesses cálculos, os pequenos rios não foram incluídos. Como 92% da rede fluvial compõem-se de rios de pequena ordem, com cerca de 100m de largura, e ainda pouco mapeados, foi desenvolvido um modelo baseado em relações geomorfológicas e hidrologia, validado em rios de 3<sup>a</sup> à 6<sup>a</sup> ordens da bacia do Ji-Paraná, um rio de mesoescala de 75.400 km, na Amazônia Ocidental, a fim de obter a área superficial desses rios e quantificar os fluxos evasivos dos rios menores. Nessa bacia de drenagem, tais fluxos foram de 210 Gg C yr<sup>-1</sup>, ou seja, cerca de 1.7 o volume de carbono transportado como inorgânico dissolvido (121 Gg C yr<sup>-1</sup>) e 1.1 vezes como carbono orgânico dissolvido (185 Gg C yr<sup>-1</sup>). Apesar de os valores relativos não serem tão elevados quanto aqueles observados por Richey et al. (2002), a aplicação do modelo para o restante da bacia Amazônica demonstrou que esses sistemas também desempenham um papel significativo no balanço regional do carbono e contribuem com 35% (águas baixas) a 60% (águas altas) do total de emissão de toda a bacia Amazônica. Além disso,

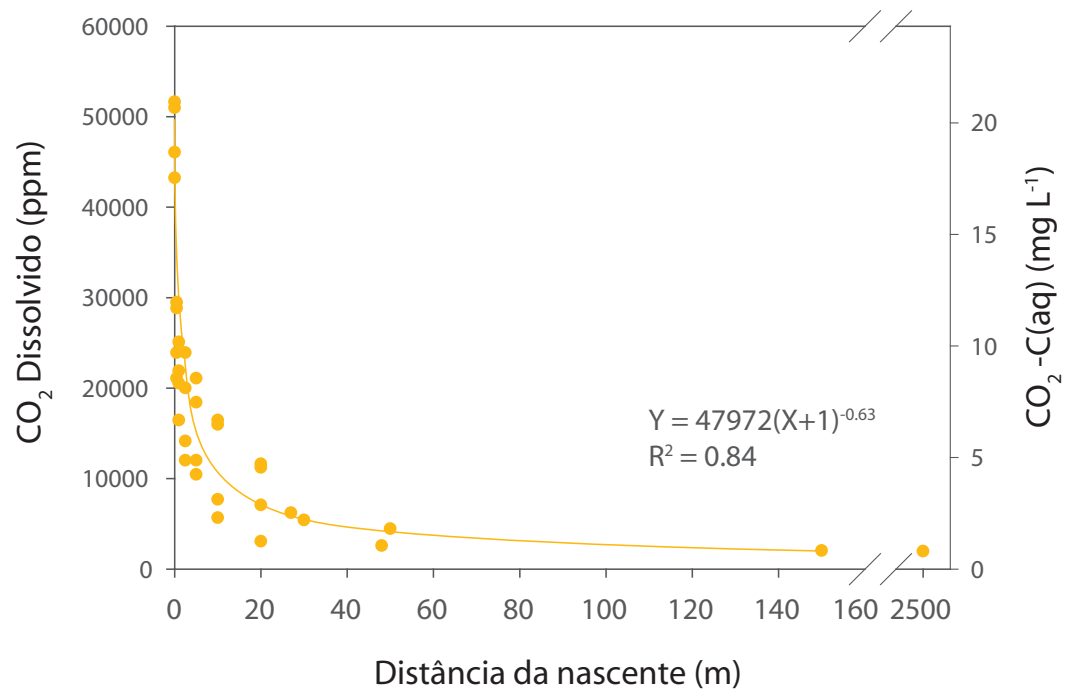


FIG 2 - O efluxo de CO<sub>2</sub> de rios de cabeceira da Amazônia representa um destino importante para a respiração de solos profundos. M. Johnson, J. Lehmann, S. Riha, A. Krusche, J. Richey, J. Ometto, E. Couto. CO<sub>2</sub> efflux from Amazonian headwater streams represents a significant fate for deep soil respiration. *Geophysical Research Letter*, Vol. 35, 2008.

Johnson et al., (no prelo) mostraram que em rios de primeira ordem na bacia do rio Juruena (MT), o CO<sub>2</sub> de nascentes caiu de mais de 50000 ppmv para menos 5000 ppmv ao atingir os riachos e fluir por apenas algumas dezenas de metros. Isso significa que uma outra quantidade significativa de carbono, na ordem de 0.1 Gt C yr<sup>-1</sup>, como mostra a figura 1, pode estar sendo liberada para a atmosfera desses pequenos, mas "onipresentes", riachos de pequena ordem na cabeceira de grandes rios.

Ainda mais surpreendente do que o fato de altas concentrações de CO<sub>2</sub> serem comuns em águas anaeróbias de solo e de superfície da Amazônia é a origem desse gás dissolvido. Mayorga et al. (2005b) analisaram a composição isotópica das várias formas de carbono de rios da bacia, desde riachos dos Andes até grandes rios de terras baixas, e os resultados foram intrigantes. Nas águas baixas, as fontes potenciais de carbono para o metabolismo (carbono orgânico particulado e dissol-

vido), embora apresentem uma composição isotópica ( $\delta^{13}C$ ) consistente com a mistura de vegetação de florestas de terra firme e gramíneas de várzea, possuem idades muito diferentes daquela do CO<sub>2</sub> dissolvido. Nessas águas, a idade do CO<sub>2</sub> estimada a partir do conteúdo de carbono -14 ( $\Delta^{14}C$ ) é da ordem de cinco anos, enquanto que tanto as formas dissolvidas como as particuladas são muito mais "velhas", na ordem de centenas de anos (Figura 2). Esse paradoxo traz um grande desafio para futuras pesquisas que será isolar e explicar os vários processos que geram e mantêm o CO<sub>2</sub> das águas dos rios na Amazônia.

Enquanto a ciência tenta desvendar os detalhes do ciclo do carbono nos sistemas fluviais na Amazônia, as paisagens da floresta vêm se transformando em acelerados processos de ocupação desordenada. Esses efeitos antrópicos são fortemente sentidos em bacias de pequena escala, da ordem de dezenas de km<sup>2</sup>, como observado na Fazenda Nova Vida,

em Rondônia. Na floresta, os dosséis dificultam a entrada da luz, o que impede a proliferação de vegetação rasteira, como gramíneas. Nesses sistemas, as águas dos igarapés contêm elevadas concentrações de oxigênio, concentrações de carbono relativamente mais baixas e a fotossíntese é limitada pela luz e fósforo. Quando a cobertura da floresta é removida, a disponibilidade de luz favorece o crescimento da gramínea nativa *Paspallum*, que se espalha nas margens e invade os riachos, a ponto de cobrir completamente algumas extensões da superfície da água. Essa quantidade extra de matéria orgânica nos riachos resulta na elevação das concentrações de carbono, taxas respiratórias e  $\text{CO}_2$ , causando anoxia durante a maior parte do ano.

Dado que sob condições de anoxia o fósforo é liberado dos complexos com Fe, o nutriente limitante passa a ser o nitrogênio. Isso mostra que, no seu conjunto, esses sistemas fluviais tiveram seus caminhos de ciclagem de carbono mudados de condições óxicas para anóxicas, uma alteração profunda no seu funcionamento. Até agora não foi possível caracterizar adequadamente como esses sinais se propagam ao longo dos rios, bem como definir qual é a resiliência desses sistemas nas suas diversas escalas (micro, meso e regional). Respostas claras à essas perguntas exigem um incremento na nossa base de dados sobre o funcionamento dos sistemas fluviais da Amazônia, tanto em termos espaciais, quanto temporais.

Para enfrentar esse imenso desafio, tanto científico como logístico, está sendo implementada uma rede de monitoramento espalhada por toda a Amazônia, num esforço conjunto, que até o momento reúne o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), a Universidade Federal do Acre (UFAC), a Universidade Federal de Rondônia (UNIR), a Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), a Universidade Federal de Tocantins (UFT), a Escola Agrotécnica Federal de São Gabriel da Cachoeira (EAFSGC) e a Universidade de São Paulo (CENA-USP). A criação dessa rede é um importante passo para o entendimento do papel da Amazônia no ciclo regional e global do carbono.

**Reynaldo Luiz Victoria, Maria Victoria Ramos Ballester e Alex Vladimir Krusche (CENA-USP)**

**Hilandia Brandão da Cunha (INPA)**

**Maria Emilia Sales (MPEG)**

**Beatriz Machado Gomes (UNIR)**

**Cleber Salimon (UFAC)**

**Kelli Munhoz (UNEMAT)**

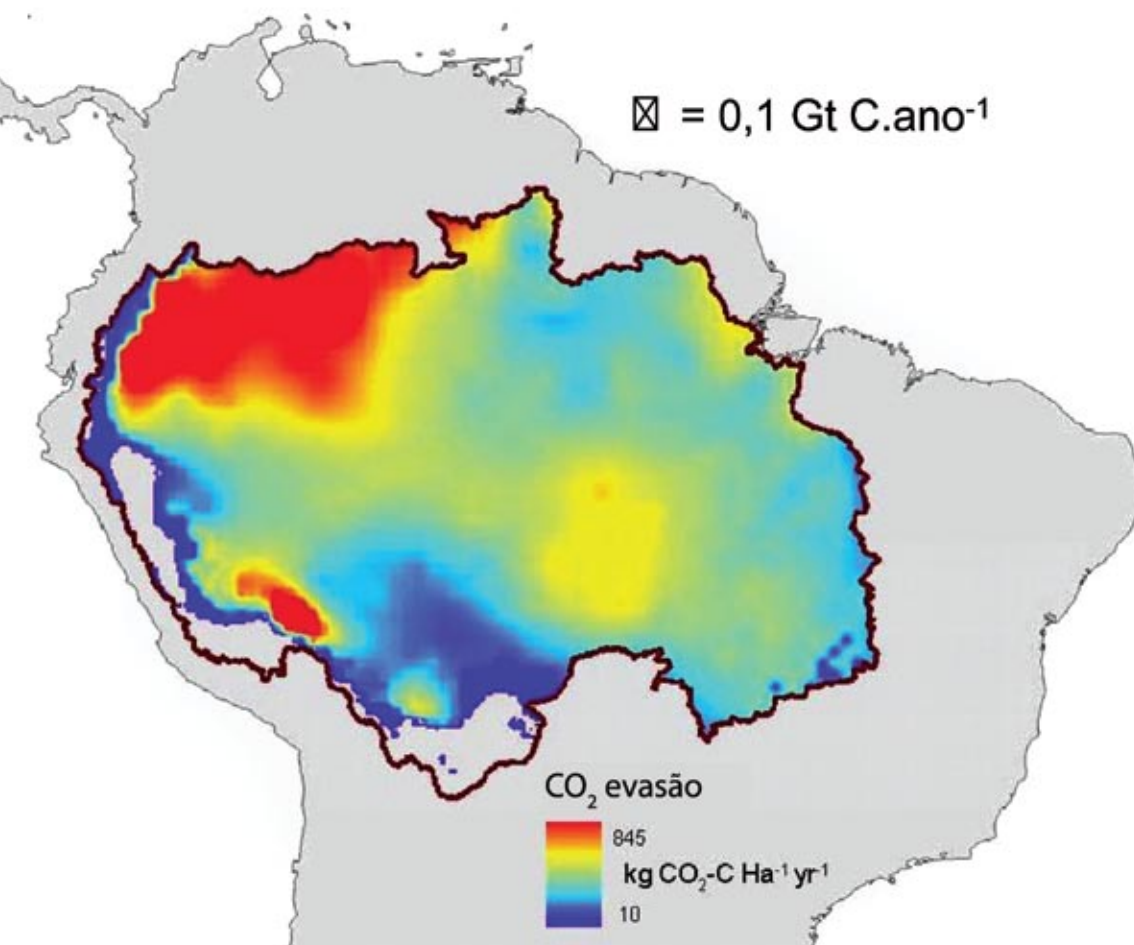
**Laura Borma (UFT)**

**Roosevelt Barbosa (EAFSGC)**

**Jeffrey Richey (UW-EUA)**

**Christopher Neill, Linda Deegan (MBL-EUA)**

**Mark Stephen Johnson (University of British Columbia)**



*Fluxos evasivos potenciais de CO<sub>2</sub> a partir de nascentes na Amazônia, estimados a partir das características dos solos.*