

CICLO DO CARBONO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS BRASILEIROS

Alex Enrich-Prast¹ & Luana Pinho^{1,2}

¹Laboratório de Biogeoquímica, Depto. de Ecologia, Inst. de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ilha do Fundão. Caixa Postal: 68020, CEP: 21941-590. Rio de Janeiro, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Inst. de Biologia, UFRJ. Ilha do Fundão. CEP: 21941-590, Caixa Postal: 68020. Rio de Janeiro, Brasil.

*E-mail: aeprast@biologia.ufrj.br

Nos últimos vinte anos, acentuou-se de forma marcante o debate científico sobre o aumento da temperatura na superfície terrestre em decorrência da presença dos gases causadores do Efeito Estufa, culminando com discussões acaloradas sobre suas causas, tendências, conseqüências catastróficas e formas de mitigação. A intensificação na liberação destes gases é considerada um processo chave para o entendimento do aumento de temperatura na biosfera. O IPCC (2001) destaca o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄) como os principais gases causadores deste aquecimento.

Estudos evidenciam que nossa sociedade alterou (e altera) significativamente as taxas de emissão de CO₂ e CH₄ dos ecossistemas para atmosfera ao modificar as condições naturais dos meios aquático, terrestre e atmosférico. Especialistas têm chamado atenção sobre a necessidade premente de uma melhor compreensão ecológica tanto do ciclo do carbono nos ecossistemas aquáticos continentais, quanto dos efeitos das alterações humanas sobre este ciclo. Já se sabe que, apesar de sua pequena contribuição em termos de área, os ecossistemas aquáticos continentais têm um importante papel no fluxo global do Carbono (Cole *et al.* 2007).

A grande maioria dos ecossistemas aquáticos continentais são pequenos e rasos (Dowing *et al.* 2006), fato este que favorece a colonização destas áreas por macrófitas aquáticas (Wetzel 1990). Apesar da reconhecida importância do papel destes vegetais no metabolismo aquático (Jeppesen *et al.* 1997), a quantidade de estudos realizados com macrófitas aquáticas no Brasil é muito reduzida quando comparada aos estudos com outras comunidades (Enrich-Prast 2006). O artigo de Biudes & Camargo (*Oecologia Brasiliensis* Vol 12, n°1, 2008) vem preencher uma lacuna sobre os principais fatores reguladores

desta comunidade em ecossistemas aquáticos continentais Brasileiros. A variação na produção primária das macrófitas aquáticas tem influencia direta sobre a geração dos detritos oriundos destas, que acabam por entrar no ecossistema.

Diversos aspectos relacionados à liberação de Carbono durante o processo de decomposição das macrófitas aquáticas foram abordados pelos artigos de Cunha-Santinho *et al.* e Bianchini Jr. & Cunha-Santinho (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008), enquanto Azevedo *et al.* (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008), utilizando-se análises espectroscópicas, demonstraram que a contribuição da matéria orgânica oriunda da decomposição de macrófitas aquáticas pode variar entre diferentes ecossistemas aquáticos da Planície do Rio Paraná. Fernandes *et al.* (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008) também compararam o comportamento sazonal da matéria orgânica dissolvida cromófora no Rio Paraíba do Sul e sugeriram que padrões ópticos podem contribuir para a caracterização e possível monitoramento de um ecossistema aquático. O processo de decomposição da matéria orgânica, além de liberar nutrientes para o ambiente, também produz CO₂ e CH₄, gases que promovem o Efeito Estufa bem como carbono orgânico dissolvido (COD), que é fonte de energia para a cadeia trófica decompositora (Begon *et al.* 2006) e até mesmo para níveis mais elevados da teia trófica (Pace *et al.* 2004).

O COD disponível à respiração microbiana aquática pode ser de fontes autóctone ou alóctone. A importância relativa do fitoplâncton como fonte de COD para os microrganismos é bastante relevante, principalmente em ambientes com elevadas concentrações de COD de origem terrestre (Brito *et al.* 2006). Vários autores já demonstraram o papel do aporte de carbono orgânico terrestre em sustentar a heterotrofia líquida na maioria dos lagos do mundo (Caraco

& Cole 2004, 2007, Sobek *et al.* 2005). No entanto, a relação entre as comunidades fitoplanctônica e microbiana não foi observada por Guenter & Valentin (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008), indicando que o carbono que sustenta a cadeia microbiana também pode ter diferentes origens, além da fitoplanctônica.

Alguns artigos presentes neste número especial abordam questões relacionadas à variações temporais das concentrações de COD em lagos tropicais (Marotta *et al.*, Teixeira *et al.*, Fernandes *et al.*, *Oecol. Bras.* 12(1), 2008). Sobek *et al.* (2007) avaliaram as concentrações de COD em lagos mundiais, e dos 7514 lagos amostrados somente 1 lago localizava-se no Brasil. Esta ausência de informações a respeito do funcionamento dos ecossistemas tropicais diminui a inserção de resultados destes ambientes nos modelos propostos, fato que pode levar ao estabelecimento de modelos incompletos, que não representam realmente o ambiente, mas que acabam sendo utilizados indiscriminadamente. Marotta *et al.* (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008) encontraram uma relação positiva entre a pluviosidade e as concentrações de COD e CO₂ em uma lagoa costeira tropical, enquanto Teixeira *et al.* (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008) não encontraram correlação significativa entre estes parâmetros em ambientes aquáticos da Planície do Paraná. Estes resultados conflitantes demonstram que questões sobre o ciclo do carbono em ambientes tropicais não são ainda bem conhecidas, precisando ser estudadas e avaliadas melhor.

Cole *et al.* (2007) demonstraram que ambientes aquáticos continentais apresentam um papel relevante no ciclo global do Carbono. No entanto, a contribuição destes ecossistemas tropicais na emissão de CO₂ e CH₄ ainda carece de mais informações, mesmo se tratando de um grupo específico destes ambientes que são os reservatórios (Fearnside 1995, 1996, Rosa *et al.* 1996, 2006). Fearnside e Santos *et al.* (ambos, *Oecol. Bras.* 12(1), 2008) apresentam pontos de vista totalmente discordantes do que diz respeito à liberação de CO₂ e, principalmente, de CH₄ por reservatórios. Enquanto Fearnside defende que as hidrelétricas amazônicas são “fábricas” de CH₄, Santos *et al.* afirmam que estes dados são baseados em extrapolações desprovidas de critérios científicos estabelecidos e questionam firmemente as metodologias e os argumentos apresentados pelo estudo anterior. Uma das questões mais polêmicas é a estimativa de emissão de

gases à jusante de represas, logo após a passagem da água pelas turbinas, pois alguns estudos afirmam que hidrelétricas podem contribuir mais para o aumento do Efeito Estufa do que grandes cidades, como São Paulo (Fearnside 1995). Um dos aspectos que muitas vezes não tem sido considerado nesta discussão é o papel dos reservatórios como acumuladores de matéria orgânica em seu sedimento.

Os lagos também são ecossistemas reconhecidamente importantes em relação à acumulação de matéria orgânica em escalas de décadas a milênios (Dowing *et al.* 2008, Cole *et al.* 2007). Cole *et al.* (2007) sugerem que, em termos de acumulação de matéria orgânica, lagos pequenos e médios provavelmente tem uma maior contribuição em termos globais, em virtude de seu elevado número e taxas mais rápidas de acumulação. Um dos aspectos que tem chamado a atenção de pesquisadores no momento é a determinação das taxas de EACO (Eficiência no Acúmulo de Carbono Orgânico, traduzido de Organic Carbon Burial Efficiency). Esta seria uma medida da Eficiência de Acúmulo, que é a razão entre a quantidade de matéria orgânica que está sendo depositada e a que está sendo efetivamente seqüestrada sem ser mineralizada (Galy *et al.* 2007). Dois estudos publicados no presente número (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008) contribuem para um melhor entendimento desta questão. O primeiro são os resultados apresentados por Cordeiro *et al.*, que demonstram a participação dos sistemas aquáticos amazônicos no acúmulo de carbono em função de mudanças paleoclimáticas e antrópicas na Amazônia. Já o segundo, Bezerra & Mozetto, mensuraram as taxas de deposição de carbono na planície de inundação do rio Paraguai no Holoceno, observando que a deposição de carbono nas lagoas do Pantanal reflete as oscilações climáticas desde o Pleistoceno Tardio.

O Brasil é um país estratégico para estudos à respeito da liberação de gases de Efeito Estufa, por possuir em seu território importante parcela dos ecossistemas aquáticos continentais e florestas do planeta que têm papel relevante sobre o clima e o fluxo de carbono global. Este número especial de *Oecologia Brasiliensis* (*Oecol. Bras.* 12(1), 2008), lançado durante o II Simpósio em Ecologia: Ciclo do Carbono em Ambientes Aquáticos Continentais, visa divulgar e discutir o papel dos ecossistemas aquáticos tropicais no ciclo global do Carbono. Os

artigos publicados neste número abordam diversas questões que estão sendo discutidas direta ou indiretamente pela academia e mídia em geral. Esperamos que este número venha a contribuir para disseminar o conhecimento científico sobre Ciclo do Carbono no Brasil.

REFERÊNCIAS

- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford, 759p.
- BRITO, E.F.; MOULTON, T.P. ; SOUZA, M.L. & BUNN, S.E. 2006. Stable Isotope Analysis Indicates Microalgae as the Predominant Food Source of Fauna in a Coastal Forest Stream, Southeast Brazil. *Austral Ecology*, 31(5): 623-633.
- CARACO, N. F. & COLE, J. J. 2004. When terrestrial organic matter is sent down the river: Importance of allochthonous C inputs to the metabolism in lakes and rivers. Pp 301-316 In: A. Polis, M. E. Power & G.R. Huxley (eds.). *Food webs at the landscape level*. University of Chicago Press. 548 p.
- COLE, J.J.; PRAIRIE, Y.T.; CARACO, N.F.; MCDOWELL, W.H.; TRANVIK, L.J.; STRIEGL, R.G.; DUARTE, C.M.; KORTELAJEN, P.; DOWNING, J.A.; MIDDELBURG, J.J. & MELACK, J. 2007. Plumbing the Global Carbon Cycle: Integrating Inland Waters into the Terrestrial Carbon Budget. *Ecosystems*, 10: 171-184.
- DOWNING, J.A.; PRAIRIE, Y.T.; COLE, J.J.; DUARTE, C.M.; TRANVIK, L.J.; STRIEGL, R.G.; MCDOWELL, W.H.; KORTELAJEN, P.; CARACO, N.F.; MELACK, J.M. & MIDDELBURG, J.J. 2006. The Global Abundance and Size Distribution of Lakes, Ponds, and Impoundments. *Limnology and Oceanography*, 51: 2388-2397.
- DOWNING, J.A.; COLE, J.J.; MIDDELBURG, J.J.; STRIEGL, R.G.; DUARTE, C.M.; KORTELAJEN, P.; PRAIRIE, Y.T. & LAUBE, K.A. 2008. Sediment organic carbon burial in agriculturally eutrophic impoundments over the last century. *Global Biogeochemistry Cycles*, 22(1): GB1018.
- ENRICH-PRAST, A. 2006. Importância, Desafios e Perspectivas no Estudo da Ecologia Aquática Microbiana no Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, 36: 30-35.
- JEPPESEN, E.; SONDERGAARD, M.; SONDERGAARD, M. & CHRISTOFFERSEN, C. 1997. The structuring role of submerged *macrophytes in lakes*. Ecological Studies, Springer, 421p.
- FEARNSIDE, P.M. 1995. Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon Significant Sources of Greenhouse Gases, *Environmental Conservation*, 22: 7-19.
- FEARNSIDE, P.M. 1996. Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Response to Rosa, Schaeffer and Santos, *Environmental Conservation*, 23:2-2.
- GALY,V.; FRANCE-LANORD, C.; BEYSAC, O.; FAURE, P.; KUDRASS, H. & PALHOL, F. 2007. Efficient organic carbon burial in the Bengal fan sustained by the Himalayan erosional system. *Nature*, 450: 407-410.
- IPCC. 2001. *Climate Change, The Scientific Basis*. Univ. Press, Cambridge, 881p.
- PACE, M.L.; COLE, J.J.; CARPENTER, S.R.; KITCHELL, J.F.; HODGSON, J.R.; VAN DE BOGERT, M.C.; BADE, D.L.; KRITZBERG, E.S. & BASTVIKEN, D. 2004. Whole-Lake Carbon-13 Additions Reveal Terrestrial Support of Aquatic Food Webs. *Nature*, 427: 240-243.
- ROSA, L.P.; SCHAEFFER, R. & SANTOS, M.A. 1996. Are Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon Significant Sources of Greenhouse Gases. *Environmental Conservation*, 66: 2-6.
- ROSA, L.P.; SANTOS, M.A.; MATVIENKO, B.; SIKAR, E. & SANTOS, E.O. 2006. Scientific Errors in the Fearnside Comments on Greenhouse Gas Emissions (GHG) from Hydroelectric Dams and Response to His Political Claiming. *Climatic Change*, 75: 498-510.
- SOBEK, S.; TRANVIK, L.J. & COLE, J.J. 2005. Temperature Independence of Carbon Dioxide Supersaturation in Global Lakes. *Global Biogeochemical Cycles*, 19: 1-10.
- SOBEK, S.; TRANVIK, L.J.; Prairie, Y.T.; Kortelainen, P. & Cole, J.J. 2007. Patterns and regulation of dissolved organic carbon: An analysis of 7500 widely distributed lakes. *Limnology and Oceanographic*, 52(3), 1208-1219.
- WETZEL, R.G. 1990. Land-water interfaces: Metabolic and limnological regulators. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.*, 24: 6-24.

*Artigo de apresentação do Número Especial
Oecol. Bras. 12(1), 2008.*