



CONTRIBUIÇÃO DA LITEIRA FINA PARA O FLUXO DE CARBONO E NUTRIENTES EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NA AMAZÔNIA CENTRAL

A.C. Conceição¹

M.T.F. Monteiro¹;
F.R. Couto - Santos¹;
F.J. Luizão¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Departamento de Ecologia. Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP 69060 - 001, Manaus-AM, Fone: (92) 3643 - 1911-dricaoran@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Em virtude de sua grande extensão, as florestas tropicais têm um papel importante no ciclo global do carbono e no clima regional e mundial, tanto por reter grandes estoques de C em sua biomassa como por retirar ativamente o gás carbônico da atmosfera. No entanto, o entendimento dos processos de interação da floresta com os corpos d'água da sua bacia de drenagem é fundamental para identificar a floresta amazônica como fonte ou sumidouro C da atmosfera. Os estudos dos processos biogeoquímicos têm mostrado que a entrada de materiais para os rios depende de características como tipo do solo, geomorfologia e padrões de precipitação. Isso indica que o fluxo de água, soluto e matéria particulada nos rios da Amazônia é produto da integração dos processos hidrológicos, biológicos, físicos e biogeoquímicos de toda bacia (Richey *et al.*, 2002). Porém para compreender a dinâmica do C nas florestas tropicais, principalmente na Amazônia, é preciso entender melhor as diversas formas de entradas e saídas de C do sistema.

Uma das principais formas de entrada de C na floresta é pela produção de liteira, da qual as folhas são o principal componente (Luizão, 1989; Araújo, *et al.*, 2002). Quanto maior a quantidade depositada desse material e menor sua velocidade de decomposição, maior será a camada de liteira acumulada sobre o solo. Essa liteira também influencia os ambientes aquáticos, como os igarapés e rios, de modo que o excesso de água da chuva, que lava os solos e drena para os igarapés, deixa suas águas mais ácidas, relativamente ricas em sílica e pobres em cátions e outros nutrientes (Walker, 1995). Além disso, a água é o meio mais importante de translocação de nutrientes dentro da floresta, que na Amazônia central se desenvolve sobre solos bem drenados e de baixa fertilidade natural (Brinkmann, 1989).

A liteira (e, de modo mais amplo, a matéria orgânica produzida pela floresta) pode ser um elo fundamental no fechamento do ciclo do carbono na floresta. Recentemente, foi estimado um fluxo muito grande de gás carbônico (CO₂)

saindo de rios e igarapés amazônicos (Richey *et al.*, 2002). Em florestas tropicais, a liteira entra no sistema aquático de várias maneiras tais como: deposição direta no leito dos rios, fluxo pelo solo, fluxo lateral (vento, topografia do terreno ou arrastado pelo fluxo da água que entra na bacia) e lençol freático. Todos estes fluxos estão intimamente ligados à precipitação (Selva, 2005). Essa liteira, em conjunto com a matéria orgânica produzida dentro dos corpos d'água (por algas e outras plantas aquáticas) são responsáveis também pelos conteúdos de carbono orgânico dissolvido (COD) na água. Do total de COD dentro de pequenos rios com mata ripária nativa, cerca de 30 % é proveniente da lavagem das folhas da liteira (Meyer *et al.*, 1998). Sugeriu-se, então, que o possível seqüestro de C pela floresta de terra firme poderia estar sendo anulado por uma igual descarga de CO₂ pelos igarapés que drenam a floresta (Richey *et al.*, 2002). Tal drenagem de C ocorreria a partir da liteira e/ou da matéria orgânica do solo e poderia refletir o movimento de C no gradiente topográfico que caracteriza grande parte das bacias hidrográficas florestais na Amazônia: áreas de florestas em platôs, vertentes e baixios. Especialmente os baixios, que podem ser periodicamente alagados, drenariam C para os igarapés, tanto em forma dissolvida como particulada, pelo arraste e lavagem da camada de liteira sobre o solo. Porém, a dimensão e a dinâmica desta drenagem são ainda pouco estudadas na Amazônia.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a contribuição da liteira retida em igarapés de floresta para o conteúdo de COD e nutrientes na água.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Biológica de Cuieiras do INPA, no km 34 da estrada vicinal ZF - 2, próximo à torre climatológica do Projeto LBA (lat. 02° 36' S; long. 60° 12' W). A cobertura vegetal é do tipo Floresta Densa de Terra Firme.

Material particulado grosseiro

As coletas do material particulado grosseiro flutuante (liteira) no igarapé Asu, que drena a bacia hidrográfica próxima à torre do Projeto LBA, foram feitas utilizando uma rede de malha de náilon, que se estende de uma margem à outra do igarapé, com 3,5 m de largura. As coletas foram realizadas durante uma campanha intensiva, entre os dias 16 e 27 de abril. Na campanha, a liteira retida pela rede de contenção foi coletada diariamente, ou mais vezes se num mesmo dia ocorresse mais de um evento de chuva forte. As amostras foram secas ao ar, depois passaram pela triagem, que constou da separação de folhas recentes ou inteiras (L), folhas quebradas ou fermentadas (F) e material lenhoso (W). Todo material triado foi moído e posteriormente será feita análise química (carbono e nitrogênio). Ao mesmo tempo, amostras de água do igarapé foram coletadas antes e depois da lavagem da liteira retida na rede, para medir as concentrações de carbono orgânico dissolvido (DOC) e nutrientes.

Carbono Orgânico Dissolvido (DOC) e nutrientes da água

As coletas consistiram na tomada de três réplicas de água para cada ponto amostrado na área de estudo. Foram coletadas alíquotas de 25 ml de água através de uma seringa, passando a água por um filtro calcinado de fibra de vidro (Whatman tipo GF/F), com porosidade nominal de 0,7 μm , e daí acondicionada em frasco de vidro pré - calcinado e preservada com HgCl_2 a uma concentração final de Hg de 300 μM . O carbono orgânico dissolvido foi analisado no Total Organic Carbon Analyzer (TOC - VCPH) da marca Shimadzu, no Laboratório de Águas da CPRHC/INPA (Coordenação de Pesquisas em Recursos Hídricos e Clima).

Método Analítico (Cátions)

No campo, durante as coletas, foram feitas medidas diretas da condutividade elétrica da água, usando - se um condutímetro portátil WTW Cond 340i. (Hoskin Scientific, Vancouver, Canada). No laboratório, foram realizadas caracterizações químicas de cátions em alíquotas de 60 ml de água do igarapé e água utilizada para a lavagem de liteira, filtrada através de membrana de nitrato de celulose (porosidade nominal de 0,47 μm), acondicionada em frasco de polietileno de alta densidade e preservada com 6 mg de timol. As concentrações de íons foram determinadas pela técnica de cromatografia líquida, com supressão de íons, em equipamento Ion Chromatography System (Dionex ICS - 1000).

RESULTADOS

Coletas Intensivas

Liteira exportada

Durante a campanha intensiva de campo de 16 a 27 de abril de 2008, a descarga do igarapé correspondente ao período chuvoso variou de 12,9 $\text{m}^{-3}.\text{s}$ a 87,2 $\text{m}^{-3}.\text{s}$. As altas precipitações diárias ocorridas durante o período estudado tiveram uma resposta imediata do curso d'água, com

elevada descarga que, por sua vez, influencia na quantidade de liteira coletada e, conseqüentemente, no DOC (carbono orgânico dissolvido) e em outros nutrientes (Monteiro, 2005; Selva, 2005).

Já a quantidade de liteira transportada no leito do igarapé variou de 16,6 $\text{mg}.\text{m}^3$ a 190 $\text{mg}.\text{m}^3$, com precipitações de 6,9 mm e 8,6 mm respectivamente, não havendo coincidência da maior precipitação (49,1 mm) com a maior quantidade de liteira exportada (157 $\text{mg}.\text{m}^3$). Não houve, portanto, uma relação positiva com a precipitação nem com a descarga. No entanto, quando se analisa a quantidade diária de liteira coletada (estocada) no igarapé, observa - se que as altas precipitações, conseqüentemente com elevada descarga, provocam, de forma tardia, uma grande entrada de liteira para o igarapé, havendo uma relação positiva entre a quantidade de liteira na rede de contenção e a precipitação ($r^2 = 0,6$; $p < 0,005$) e a descarga ($r^2 = 0,8$; $p < 0,001$). Estes padrões, que foram também observados por Monteiro (2005) e Selva (2005), verificaram que provavelmente pequenos depósitos de liteira acumulados próximos às margens do igarapé durante precipitações anteriores e menores, aliados à forma da bacia (em U), podem ter facilitado um maior escoamento da liteira para o leito do igarapé, quando ocorre uma chuva intensa.

Carbono orgânico dissolvido e elementos químicos

A concentração do carbono orgânico dissolvido (DOC) apresentou uma relação significativa e positiva com a descarga ($r^2 = 0,8$; $p < 0,001$) e a precipitação ($r^2 = 0,6$; $p < 0,005$). O mesmo ocorreu com a quantidade da liteira exportada ($r^2 = 0,6$; $p < 0,05$). Por meio destas associações pode - se dizer que a precipitação promoveu um aumento considerável do volume da água promovendo o carreamento de matéria orgânica do ecossistema terrestre através da lixiviação dos solos da floresta para o igarapé, acarretando em um significativo aumento do carbono orgânico dissolvido (DOC) (Waterloo *et al.*, 2006). De acordo com Oliveira *et al.*, (2004), as maiores quantidades de DOC no Igarapé durante a estação chuvosa são devido a um aumento na decomposição da matéria orgânica acumulada durante a estação seca, que enriquece as águas da área do baixo. No mesmo local do presente estudo, tal ligação entre DOC e exportação de liteira também foi observada por Monteiro (2005). Portanto, as relações obtidas entre as concentrações de DOC e a descarga do igarapé evidenciam a importância de eventos de chuva na dinâmica do carbono do igarapé Asu. Nos rios da região amazônica, as maiores concentrações de COD geralmente ocorrem quando estes ecossistemas sobem de nível devido ao pulso hidrológico, invadindo as florestas circundantes (Castilho 2000; Amado *et al.*, 2006).

Para as análises físico - químicas obtidas nas amostras de água do igarapé Asu (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Cl^- , NO_3^- e SO_4^{-2}), obteve - se uma relação positiva significativa apenas entre a descarga e amônio (NH_4^+) ($r^2 = 0,4$; $p < 0,05$).

Lavagem de liteira

Na água coletada depois da rede instalada no igarapé (ponto 2-lavagem de liteira), houve relações positivas entre a quantidade de liteira exportada com alguns nutrientes como: cloreto ($r^2 = 0,6$; $p < 0,05$); sulfato ($r^2 = 0,8$; $p < 0,001$); sódio ($r^2 = 0,7$; $p < 0,05$); amônio ($r^2 = 0,7$; $p < 0,05$) e

potássio ($r^2 = 0,7$; $p < 0,05$). Encontrou - se também uma relação significativa positiva entre carbono orgânico dissolvido e a quantidade de liteira exportada ($r^2 = 0,6$; $p < 0,05$), a precipitação ($r^2 = 0,7$; $p < 0,05$) e a vazão do igarapé ($r^2 = 0,8$; $p < 0,01$). Em relação aos cátions, cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), houve uma relação significativa desses dois elementos tanto com a precipitação, quanto com a vazão ($p < 0,05$). De acordo com Brinkmann e Santos (1973) e Waterloo *et al.*, (2006), esses íons geralmente seriam provenientes da lavagem das folhas, caule e tronco, pelas águas da chuva.

CONCLUSÃO

Para o período estudado, as altas precipitações induziram o transporte de maiores quantidades da liteira para o igarapé. Desta forma, as fortes e intensas chuvas induzem o aumento da quantidade de liteira que contribui de forma eficaz para o transporte de carbono e nutrientes pelo igarapé.

A concentração de carbono dissolvido teve uma relação significativa positiva com a precipitação, a descarga do igarapé e a quantidade de liteira exportada. No entanto, somente a concentração de NH_4^+ teve uma relação positiva com a descarga.

Houve uma relação significativa entre a quantidade da liteira exportada e as concentrações de DOC, Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4 , K^+ .

Houve relação positiva entre a precipitação, a vazão do igarapé e as concentrações das bases Ca^{+2} e Mg^{+2} durante a lavagem da liteira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Larga Escala Biosfera - Atmosfera e Fundação Djalmá Batista pela bolsa concedida a Conceição, A.C.; e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo auxílio concedido através do Programa de Apoio à Participação em Eventos Científicos e Tecnológicos (PAPE) Edital 016/2008 à Couto - Santos, F.R.

REFERÊNCIAS

Amado, A.M., Farjalla, V.F., Esteves, F.A., Bozelli, R.L., Roland, F., Enrich - Prast, A. Complementary pathways of dissolved organic carbon removal pathways in clear - water Amazonian ecosystems: photochemical degradation and bacterial uptake. *FEMS Microbiology Ecology*, 56: 8 - 17, 2006.

Araújo, A.C., Nobre, A.D., Kruijt, B., Elbers, J.A., Dallarosa, R., Stefani, P., Randow, C.V., Manzi, A.O., Culf,

A.D., Gash, J.H.C., Valentini, R., Kabat, P. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. *Journal of Geophysical Research*, 107, D20:1 - 20, 2002.

Brikmann, W.L.F. System propulsion of an Amazonian lowland forest: an outline. *GeoJournal*, 19: 369 - 380, 1989.

Brinkmann, W.L.F., Santos, A. Natural waters in Amazonia. VI. Soluble calcium properties. *Acta Amazonica*, 3(2): 33 - 40, 1973.

Castillo, M.M. Influence of hydrological seasonality on bacterioplankton in two neotropical floodplain lakes. *Hydrobiologia*, 437: 57 - 69, 2000.

Luizão, F.J. Litter production and mineral element input to the forest floor in central Amazonian forest. *GeoJournal*, 19: 407 - 417, 1989.

Meyer, J.L., Wallace, J.B., Eggert, S.L. Leaf litter as a source of dissolved organic carbon in streams. *Ecosystems*, 1: 240-249, 1998.

Monteiro, M.T.F. *Interações na dinâmica do carbono e nutrientes da liteira entre a floresta de terra firme e o igarapé de drenagem na Amazônia Central*. INPA/FUA. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 2005, 93 p.

Oliveira, S.M., D.P., Nobre, A.D., Waterloo, M., Cuartas, A., Tomasella, J., Hodnett, M.G., Melo, A.H.M., Gonçalves, G.S. *Relação entre carbono orgânico dissolvido e condutividade elétrica na bacia Asu, Amazônia Central, Brasil*. Livro de resumos da III Conferência do LBA, Brasília. 2004. Disponível em: <http://www.lbaconferencia.org/port/bsb_ab_intro.html>. Acesso em: 25 de maio de 2009.

Richey, J.E., Melack, J.M., Aufdenkampe, A.K., Ballester, V.M., Hess, L.L. 2002. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature*, 416: 617 - 620.

Selva, E.C. *Produção e exportação de carbono via liteira em microbacias na região sul da Amazônia*. Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias, programa de Pós - Graduação em Agricultura Tropical. Universidade Federal de Mato Grosso. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Campus Cuiabá. 2005, 74 p.

Walker, I. Amazonian streams and small rivers. In: *Limnology in Brazil*. Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M., Tundisi, T.M. (Eds). Brazilian Academy of Sciences. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus - Amazonas. 1995, p.167 - 193.

Waterloo, M.J., Oliveira, S.M., Drucker, D.P., Nobre, A.D., Cuartas, L.A., Hodnett, M.G., Langedijk, I., Jans, W.W.P., Tomasella, J., Araújo, A.C., Pimentel, T.P., Estrada, J.C.M. Export of organic carbon in run - off from an Amazonian rainforests blackwater catchment. *Hydrol. Process*, 20: 2581-2597, 2006.