

## Dinâmica do carbono inorgânico dissolvido nos rios Teles Pires e Cristalino na Bacia Amazônica

Higo José Dalmagro<sup>1</sup>; Kelli Cristina Aparecida Munhoz<sup>2</sup>;  
Maria de Fátima F. Lamy Raserá<sup>3</sup>; Cleber Ibraim Salimon<sup>4</sup>;  
Alex Vladimir Krusche<sup>3</sup>; Cristiane Akemi Umetsu<sup>2</sup>;  
Rosalvo Duarte Rosa<sup>2</sup>; Ricardo Keichi Umetsu<sup>2</sup>;  
Leandro Gomes Almeida<sup>2</sup>; Vanessa Aparecida Santos<sup>2</sup>;  
Luciana Sanches<sup>1</sup>; José de Souza Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pós-graduação em Física e Meio Ambiente/Universidade Federal do Mato Grosso  
UFMT/Av. Fernando Correa da Costa, s/n bloco F, sala 212  
Cuiabá, Mato Grosso - Cep. 78960-900  
e-mail: higo@ufmt.br*

<sup>2</sup>*Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT*

<sup>3</sup>*Centro de Energia Nuclear na Agricultura/CENA*

<sup>4</sup>*Universidade Federal do Acre/UFAC*

### Resumo

Os rios têm importante papel no ciclo do carbono, seja nos fluxos evasivos de CO<sub>2</sub> ou como exportadores de carbono para os oceanos. Medidas diretas de trocas de CO<sub>2</sub> entre os ecossistemas terrestres e a atmosfera devem considerar os fluxos dos sistemas aquáticos, para não superestimar o acúmulo terrestre de carbono. A bacia Amazônica forma o maior e mais complexo sistema de água doce do mundo, tendo conseqüentemente um importante papel no ciclo global de carbono. O objetivo deste trabalho foi avaliar, no período compreendido entre os meses de setembro de 2004 a agosto de 2005, a dinâmica do carbono inorgânico dissolvido total (CID) e suas frações (CO<sub>2</sub> dissolvido + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) nas águas dos rios Teles Pires e Cristalino, componentes da bacia amazônica, no município de Alta Floresta, MT. Quinzenalmente foram determinadas as concentrações de CID, pH e temperatura dos rios. Com base nessas determinações e aplicando as equações de equilíbrio termodinâmico, estimou-se a pCO<sub>2</sub> e as frações do sistema de carbonatos. Os rios apresentaram variação sazonal nos valores de pH, sendo estes mais próximos da neutralidade no período da seca. A concentração de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi significativamente maior no período

do da seca do que no período da cheia. Ambos os rios estudados apresentaram-se sempre supersaturados de  $\text{CO}_2$  em relação atmosfera.

Palavras-chave: Sistemas Aquáticos, Pressão Parcial de  $\text{CO}_2$ , bacia Amazônica, Espécies de Carbono.

### Abstract

The rivers are extremely important in the carbon cycle, either in the  $\text{CO}_2$  out gassing flows or carbon exporters to the oceans. Direct measuring of  $\text{CO}_2$  exchanges between the terrestrial ecosystems and the atmosphere should consider the aquatic systems flows, not overestimating the carbon terrestrial accumulation. The Amazon basin has the largest and more complex system of fresh water in the world, so that it holds an important in the global carbon cycle. The objective of this work was to evaluate, during the period between September 2004 to August 2005, the dynamics of the Total Dissolved Inorganic Carbon (DIC) and fractions (dissolved  $\text{CO}_2 + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ ), in the waters of Teles Pires and Cristalino rivers, components of the Amazon basin, in the district of Alta Floresta, MT. Fortnightly were determined DIC concentration, pH and temperature of the rivers. Based in those results and applying the thermodynamic balance equations, it was possible to estimate the  $\text{pCO}_2$  and the carbonate system fractions. The rivers presented a seasonal variation in the pH values, being closer to the neutrality in the drought period. The concentration of  $\text{HCO}_3^-$  was significantly larger in the drought than during the flood season. Both studied rivers were oversaturated in  $\text{CO}_2$  related to the atmosphere.

Key-words: Aquatic Systems,  $\text{CO}_2$  partial pressure, Amazon basin, Carbon species.

### 1. Introdução

O excesso de dióxido de carbono que atualmente é lançado para a atmosfera resulta da queima de combustíveis fósseis principalmente pelos setores industrial e de transporte, e ainda das mudanças no uso da terra com o uso das queimadas (CARVALHO et al., 2002). A concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera começou a aumentar consideravelmente no final do século XVIII, quando ocorreu a revolução industrial, a qual demandou a utilização de grandes quantidades de carvão mineral e petróleo como fontes de energia. Desde então, a concentração de  $\text{CO}_2$  passou de 280 ppm no ano de 1750 para os 375 ppm atuais (KEELING & WOLF, 2004). Tendo em

vista essa alteração e suas conseqüências como, por exemplo, o aumento do efeito estufa e as possíveis alterações climáticas globais, vários estudos têm objetivado quantificar os reservatórios de carbono, bem como determinar os fatores que controlam os processos de trocas entre estes reservatórios (RASERA, 2005).

No ciclo do carbono, os rios têm importante papel, seja nos fluxos evasivos de  $\text{CO}_2$  ou como exportadores de carbono para os oceanos (COLE & CARACO, 2001). Hope et al. (2004) destacam que medidas diretas de trocas de  $\text{CO}_2$  entre os ecossistemas terrestres e a atmosfera devem considerar os fluxos dos sistemas aquáticos, para não superestimar o acúmulo terrestre de carbono.

O  $\text{CO}_2$  presente no meio aquático pode ter várias origens, sendo que as principais são: a atmosfera, chuva, águas subterrâneas, decomposição e respiração de organismos. Nesse ambiente, o carbono inorgânico pode ocorrer em três formas principais: dióxido de carbono dissolvido ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$ ), íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) (ESTEVES, 1998).

A região Amazônica é uma extensa rede de drenagem, a qual culmina no maior rio do mundo (RICHEY et al., 1980). Rios e áreas inundáveis da região central da bacia exportam, através da evasão de  $\text{CO}_2$ , em torno de  $1,2 \pm 0,3 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , constituindo um fluxo de saída de  $0,5 \text{ Gt ano}^{-1}$  de carbono na bacia (RICHEY et al., 2002). Conforme Grace & Malhi (2002), a bacia Amazônica contribui com 20% da descarga global dos rios para o oceano.

A bacia do rio Teles Pires está inserida na bacia Amazônica e suas águas banham dois importantes biomas brasileiros: o cerrado e a floresta amazônica (MUNHOZ et al., 2005). O rio Cristalino é um dos afluentes da margem direita do rio Teles Pires, que junto com o rio Juruena formam o Tapajós, um dos maiores afluentes do rio Amazonas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, no período compreendido entre os meses de setembro de 2004 a agosto de 2005, a dinâmica do carbono inorgânico dissolvido total (CID) e suas frações ( $\text{CO}_2$  dissolvido +  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ ) nas águas dos rios Teles Pires e Cristalino, componentes da bacia Amazônica, no município de Alta Floresta, Mato Grosso (MT).

## 2. Material e métodos

### 2.1. Descrição área de estudo

A bacia do rio Teles Pires, cuja coloração da água é azul-esverdeada, ocupa uma área de aproximadamente  $146.600 \text{ Km}^2$ , incluindo os Estados de Mato Grosso e Pará, sendo  $113.706,23 \text{ Km}^2$  somente no Estado de Mato

Grosso (MMA, 2003). O rio Cristalino, de coloração escura, nasce na Serra do Cachimbo, no Estado do Pará.

A vegetação predominante às margens dos rios nos pontos de estudo é de Floresta Ombrófila Aberta, a qual é uma faixa da Floresta Ombrófila Densa, conhecida até recentemente como “área de transição” entre a Amazônia e o espaço extra-Amazônico (IBGE, 2004). O solo predominante na região é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, com saturação de bases baixa ( $V < 50\%$ ), na maior parte dos primeiros 100 cm do Horizonte B (SANTOS et al., 2004).

O clima da região é tropical quente e úmido (Am), composto por duas estações bem definidas, seca e chuvosa. Sendo que o período compreendido entre novembro a abril corresponde à estação chuvosa e o compreendido entre os meses de maio a agosto à estação seca, tendo uma precipitação pluviométrica média anual de 2.264mm e temperatura mínima de 25°C e máxima de 38°C (CARLINI, 2001).

O estudo foi realizado no período compreendido entre os meses de setembro de 2004 a agosto de 2005, em dois pontos, um no rio Teles Pires (09°38'12,8" S e 56°00'47,1" O) e outro no rio Cristalino (09°36'14,3" S e 55°55'52,6" O), localizados no município de Alta Floresta – Mato Grosso.

## 2.2 Metodologia

Quinzenalmente, usando-se embarcações, os rios foram amostrados no meio do canal principal, para determinar as concentrações de carbono inorgânico dissolvido total e da pressão parcial de  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ). As amostras foram obtidas com uma bomba de imersão movida a bateria, a 60% da profundidade e direcionadas para uma proveta, onde foram medidos os valores de pH e a temperatura da água utilizando um medidor portátil Orion Modelo 290 A, e para 3 frascos de DBO de 60 mL, de gargalo estreito e tampa esmerilhada e chanfrada. Das amostras de cada frasco, uma alíquota de 15 mL foi retirada e, em seguida, preservadas com 60 mL de  $\text{HgCl}_2$  (cloreto de mercúrio). Os frascos foram vedados com uma graxa de alto vácuo.

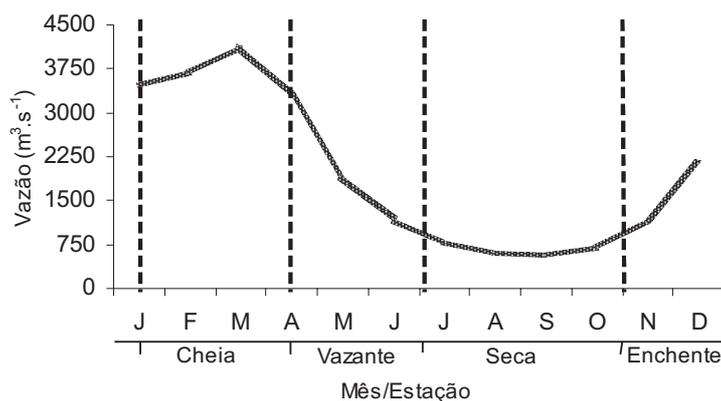
Em laboratório, foi retirada 1 alíquota de 30 mL de cada frasco em seringas de plástico de 60 mL e o volume restante foi completado com ar livre de carbono (filtrado com cal sodada). Em seguida, aplicou-se o método de equilíbrio com fase gasosa (“headspace”), que consiste em equilibrar, por agitação, a fase gasosa dissolvida no líquido com o restante da fase gasosa dentro da seringa. O gás foi então armazenado em frasco de vidro (tipo penicilina), previamente evacuado, e fechado com tampa de silicone revestida internamente com teflon. Em seguida, procedeu-se uma segunda

equilíbrio para a extração das frações do CID convertidas a  $\text{CO}_2$  pela acidificação, para isto foi adicionado 1 mL de ácido sulfúrico a 10% à mesma amostra na seringa e, novamente completou-se o volume com 30 mL de ar livre de  $\text{CO}_2$ . Esta segunda fração de gás dissolvido foi armazenada como a anterior. Os gases extraídos foram então analisados por cromatografia gasosa (Shimadzu 14A- Greenhouse), com detecção por captura de elétrons. Com base nestas determinações das concentrações de  $\text{CO}_2$  nestas duas frações de gás, e utilizando equações de equilíbrio termodinâmico (SKIRROW, 1975), foram determinadas as concentrações de CID e das suas frações ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ ), expressas em micromol ( $\mu\text{M}$ ).

Aos dados foi aplicado o teste estatístico de Análise de Variância (ANOVA), através do qual se procurou identificar diferenças estatísticas significativas entre rios e entre estações hidrológicas, sendo que as diferenças foram consideradas significativas para  $p < 0,05$ .

### 3. Resultados e discussão

O regime hidrológico da região consiste basicamente de quatro estações: cheia (15 de janeiro a 15 de abril), vazante (16 de abril a 30 de junho), seca (1 de julho a 31 de outubro) e enchente (1 de novembro a 14 de janeiro) (Figura 1). Essa variação sazonal da descarga no rio Teles Pires, na estação de medida da Agência Nacional de Águas (ANA), é característico das áreas de amostragem localizadas ao Sul do Equador, como por exemplo, o rio Ji-Paraná, observado por Victoria (2005).



**Figura 1.** Média das vazões mensais, para o período de 1999 a 2003, em uma estação fluviométrica do rio Teles Pires. Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Os rios Cristalino e Teles Pires apresentaram valores médios anuais de pH de 6,13 e 5,96, respectivamente, não diferindo significativamente. Foi verificada uma variabilidade nas concentrações de  $H^+$  ao longo do ciclo hidrológico, apresentando diferenças significativas entre os períodos de cheia e seca, podendo-se observar uma tendência de valores de pH mais baixos (concentrações maiores de íons  $H^+$ ) no período de cheia (Figura 2). Esses resultados foram semelhantes aos registrados para os tributários do rio Amazonas ( $6,23 \pm 1,05$ ) (ALIN et al., 2005).

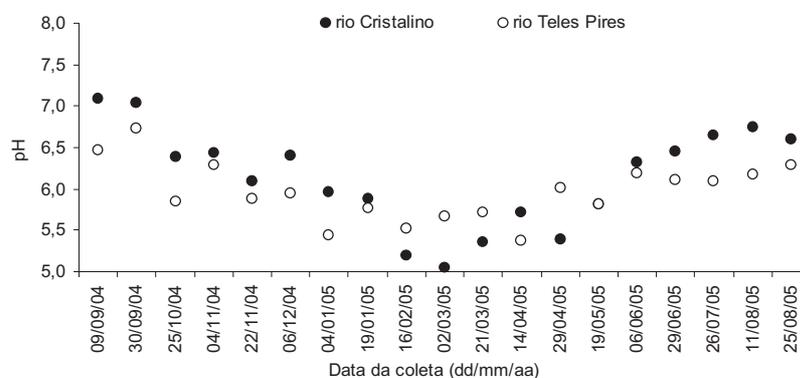


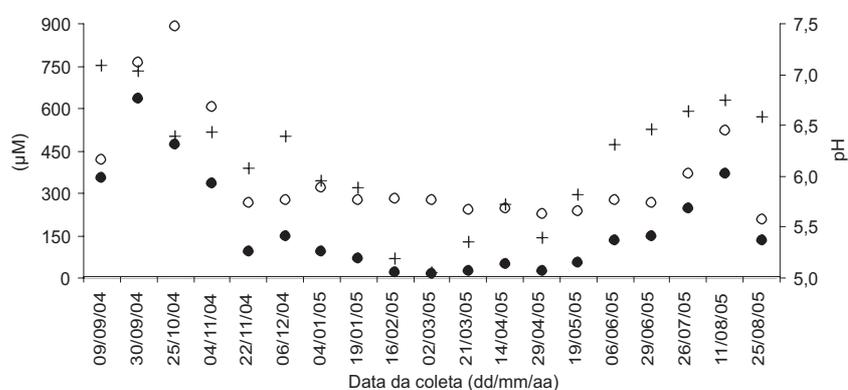
Figura 2. Valores de pH nos rios Cristalino e Teles Pires no período de 09/09/04 a 25/08/05 no norte de Mato Grosso, bacia Amazônia.

Conforme Castellanos (2005), essa acidificação ocorre, provavelmente, devido ao grande aporte de água da chuva que normalmente apresenta pH mais ácido, com média em torno de 6.

Essas variações sazonais nos valores de pH, no rio Cristalino, fizeram com que as distribuições das frações do CID fossem diferentes ao longo do ciclo hidrológico. Isso se deve ao fato de as reações de equilíbrio do sistema de carbonatos serem dependentes das concentrações de  $H^+$  (Esteves, 1998).

Rasera (2004) afirma que nos rios Urupá, Jaru e Rolim, em Rondônia, os quais drenam solos eutróficos, o aumento da precipitação no período da cheia provoca a “diluição” das águas subterrâneas, de pH mais básico que a água da chuva, levando assim a uma diminuição do CID e do pH. No período de seca, predomina o aporte de águas subterrâneas, provavelmente mais “ricas” em carbonatos. Desta forma, apesar de se observar

altas concentrações de CID neste período, os valores de pH mais próximos da neutralidade favorecem o deslocamento do equilíbrio para a fração bicarbonato. O rio Cristalino apresentou um comportamento semelhante a esses rios, tendo no período da cheia valores médios de CID e de pH mais baixos,  $264,10 \pm 17 \mu\text{M}$  e 5,44, consecutivamente. Já no período da seca, houve um acréscimo no valor de CID ( $527,54 \pm 255 \mu\text{M}$ ) e de pH (6,75), ficando este último mais próximo da neutralidade. A concentração de íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) foi em média 9,65 vezes maior no período da seca do que no período da cheia (Figura 3).

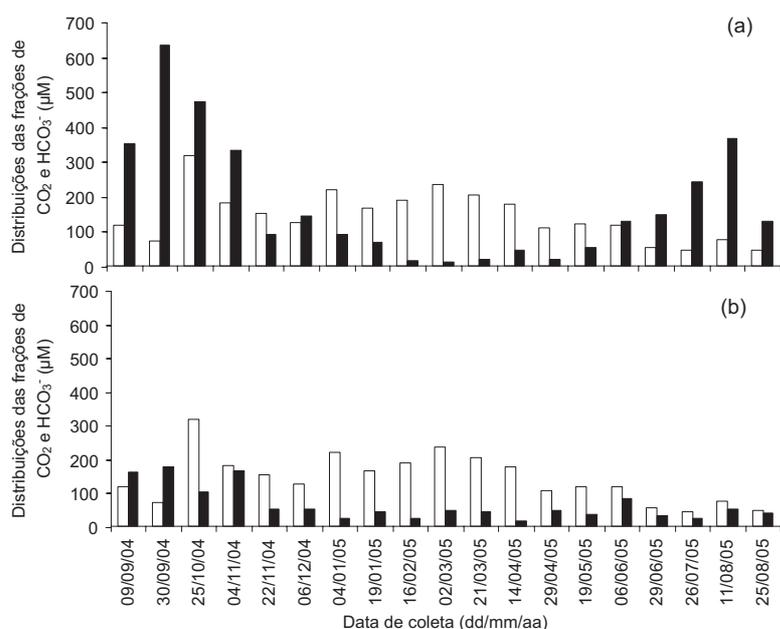


**Figura 3.** Concentração de íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbono inorgânico dissolvido (CID) e valores de pH no rio Cristalino no período de 09/09/04 a 25/08/05. (Os círculos brancos representam CID e círculos pretos o  $\text{HCO}_3^-$  e as cruzeiros o pH).

Considerando todo o período de estudo, entre rios houve uma diferença significativa nos valores de CID, tendo o Cristalino uma média de  $365,52 \pm 192,70 \mu\text{M}$  e o Teles Pires,  $214,16 \pm 88,93 \mu\text{M}$ . Resultados semelhantes foram obtidos por Richey et al. (1991) para tributários da região Amazônica, porém foram inferiores aos obtidos por Cai et al. (2004) ( $1500 \mu\text{M}$ ) em estudos no rio Pearl, de clima subtropical, na China. Com isso, as concentrações de  $\text{HCO}_3^-$  foram diferentes significativamente entre rios, tendo o Cristalino uma maior concentração desse íon do que o Teles Pires, com  $179,79 \pm 175,98 \mu\text{M}$  e  $67,65 \pm 50,36 \mu\text{M}$ , respectivamente.

No rio Cristalino, durante o período de cheia, houve uma maior contribuição do  $\text{CO}_2$  dissolvido para o CID total (87%). Já no período de seca, as concentrações de  $\text{CO}_2$  dissolvido contribuíram com 30% contra 70% de  $\text{HCO}_3^-$ . O mesmo comportamento foi observado por Finlay (2002)

em grandes rios no norte da Califórnia. No rio Teles Pires, durante o período de cheia, as concentrações de  $\text{CO}_2$  dissolvido apresentaram um comportamento semelhante ao do rio Cristalino, contribuindo para o CID com 84%. Em contrapartida, no período da seca, houve uma diferença significativa de comportamento em relação ao Cristalino, sendo que a contribuição de  $\text{CO}_2$  “livre” permaneceu maior do que a de  $\text{HCO}_3^-$ , com 55% contra 45% (Figura 4). Essa diferença ocorreu devido aos valores de pH do Teles Pires, no período da seca, serem estatisticamente menores em relação ao Cristalino, comportamento que segue o modelo de grandes rios na região Amazônica (SOUSA et al., 2005). Kleerekoper (1990) explica que o  $\text{CO}_2$  pode ser demonstrado pelas oscilações dos valores de pH, que se eleva com a diminuição do  $\text{CO}_2$ .



**Figura 4.** Frações de  $\text{CO}_2$  e  $\text{HCO}_3^-$  nos rios (a) Cristalino e (b) Teles Pires no período de 09/09/04 a 25/08/05. (As colunas pretas representam as frações de  $\text{HCO}_3^-$  e as colunas em branco as frações de  $\text{CO}_2$ ).

Como as concentrações de  $\text{CO}_3^{2-}$  foram muito baixas para os dois rios, as mesmas não foram consideradas.

Os rios Cristalino e Teles Pires apresentaram valores médios de

pCO<sub>2</sub> de 5714 ± 2515 μ atm e 4669 ± 2366 μ atm, respectivamente, sendo semelhantes àqueles obtidos por Richey et al. (2002) nos principais tributários do rio Amazonas (4350 ± 1900 μatm), e superiores aos valores encontrados por Raymond et al. (1997) no rio Hudson na América do Norte (1147 ± 387 μ atm).

Tanto para o rio Cristalino quanto para o Teles Pires, no período da cheia os valores médios da pCO<sub>2</sub> foram mais altos, 6888,98 ± 823 μ atm e 6205,11 ± 807 μ atm, respectivamente, com relação à seca. Esse comportamento provavelmente foi decorrente do deslocamento das distribuições das frações de CID provocado pelo pH mais ácido encontrado nesse período. Adicionalmente, Cogo (2005), ao efetuar um estudo sobre o papel dos sedimentos em suspensão no metabolismo de rios em Rondônia, concluiu que neste período há um aumento da concentração de sedimentos em suspensão aumentando também as taxas respiratórias. Segundo Kleerekoper (1990), a respiração juntamente com a decomposição de matéria orgânica constituem as principais fontes de CO<sub>2</sub> em sistemas aquáticos. Logo, um incremento nas taxas respiratórias acarreta em um aumento da pCO<sub>2</sub> (Rasera, 2004).

No período da seca, foram obtidas as menores médias de pCO<sub>2</sub>, 4906,87 ± 4104 μ atm para o rio Cristalino e 3675,89 ± 3482 μ atm para o rio Teles Pires, provavelmente em função dos valores de pH mais altos, próximos da neutralidade, havendo um acréscimo nas concentrações de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Não foram constatadas diferenças significativas entre os períodos, apesar de ser clara a tendência acima explicada, uma vez que os valores de pH mais altos na seca foram, provavelmente, compensados pelo aumento da concentração de CID neste período. Resultados semelhantes foram obtidos por Rasera (2004) no rio Urupá, na bacia do rio Ji-Paraná.

Considerando-se todo o período de estudo, pôde-se notar que as águas dos rios estudados apresentaram-se sempre supersaturadas em CO<sub>2</sub> em relação ao equilíbrio com a atmosfera, o mesmo comportamento foi observado por Alin et al. (2005) em rios das bacias Amazônica e Mekong, e por Pugh et al. (2001) na bacia do rio Enoree. Assim, há sempre um gradiente de concentração entre a água e o ar (RAYMOND et al., 1997), indicando que estes rios atuam como fonte de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (RASERA, 2005). O rio Cristalino apresentou-se cerca de 12,69 ± 6,24 vezes mais saturado em CO<sub>2</sub> do que a atmosfera e o Teles Pires, 9,04 ± 5,37 vezes. Não houve uma diferença estatística entre rios e nem uma variação sazonal significativa no que tange o parâmetro em discussão. Os valores citados encontram-se dentro do esperado para rios da bacia amazônica, conforme estudos de Richey et al. (2002) e Rasera (2005).

#### 4. Considerações finais

Os rios apresentaram variação sazonal nos valores de pH, sendo estes mais próximos da neutralidade no período da seca. No caso do rio Cristalino, essa variação contribuiu para que as distribuições das frações do CID fossem diferentes ao longo do ciclo hidrológico. A concentração de  $\text{HCO}_3^-$  foi significativamente maior no período da seca do que no período da cheia.

Pôde-se observar que o rio Cristalino teve uma variação significativa entre as estações hidrológicas quanto às concentrações de CID total, havendo uma maior contribuição de  $\text{CO}_2$  dissolvido no período da cheia e de  $\text{HCO}_3^-$  no período da seca. O rio Teles Pires manifestou uma tendência semelhante no período da cheia, porém um comportamento diferente na seca. Tanto para o rio Cristalino quanto para o Teles Pires, no período da seca os valores médios da  $\text{pCO}_2$  foram mais baixos em relação aos da cheia.

Ambos os rios estudados apresentaram-se sempre supersaturados em  $\text{CO}_2$  em relação à atmosfera, sugerindo que esses rios atuam como fonte de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera.

Mediante o exposto, verifica-se a necessidade em promover ações que disseminem a compreensão das relações existentes entre as várias dimensões do meio ambiente no contexto regional. Este trabalho contribuirá certamente como subsídio para novos estudos ampliando a compreensão das relações dos fluxos de carbono inorgânico dissolvido e a evasão de  $\text{CO}_2$  pelos ecossistemas aquáticos com o balanço regional do carbono na Amazônia.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Comitê de Treinamento do Programa LBA (Experimento de Grande Escala Biosfera e Atmosfera na Amazônia); ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico); à Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT e ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura/CENA.

## 6. Referências

- ALIN, S.; SALIMON, C.; RICHEY, J.; KRUSCHE, A. Carbon Dioxide Evasion from Large Tropical Rivers: measurements from the Amazon and Mekong river basins. In: INTERNATIONAL LIÈGE COLLOQUIUM ON OCEAN DYNAMICS, 37, 2005, Liège. *Gas Transfer at Water Surfaces*. Disponível em: <http://www.co2.ulg.ac.be/objects/2005/ppt/alim.pdf> /> Acesso em: 15 maio 2006.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. *Série histórica de vazão*. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 10 maio 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Recursos Naturais e Meio Ambiente*. Brasília, DF, 2003.
- CAI, W. J.; DAI, M.; WANG, Y.; ZHAI, W.; HUANG, T.; CHEN, S.; ZHANG, F.; CHEN, Z.; WANG, Z. The biogeochemistry of inorganic carbon and nutrients in the Pearl River estuary and the adjacent Northern South China Sea. *Continental Shelf Research*, v. 24, p. 1301-1319, 2004.
- CASTELLANOS, A. B. *Balço de nitrogênio em microbacias pareadas (floresta vs pastagem) no estado de Rondônia*. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; MOUTINHO, P.; BATISTA, Y. Perguntas e respostas sobre mudanças climáticas. *IPAM*, Belém, PA, p. 24, 2002.
- CARLINI, A. G. A. *Relatório Pecuário*. Alta Floresta: Agropecuária Mogno, p. 30, 2001.
- COGO, M. C. *O papel dos sedimentos em suspensão no metabolismo de rios de micro e meso-escala no estado de Rondônia*. 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- COLE, J. J. & CARACO, N. F. Carbon in catchments: connecting terrestrial carbon losses with aquatic metabolism. *Freshwater Research*, v. 52, p. 101-110, 2001.
- ESTEVEES, A. F. *Fundamentos de limnologia*, 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 602, 1998.

FINLAY, J. C. Controls of streamwater dissolved inorganic carbon dynamics in a forested watershed. *Biogeochemistry*, v. 62, p. 231-252, 2002.

GRACE, J. & MALHI, Y. Carbon dioxide goes with the flow. *Nature*, v. 416, p. 594-595, 2002.

HOPE, D.; PALMER, S. M.; BILLETT, M. F.; DAWSON, J. J. D. Variations in dissolved CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in a first-order stream and catchment: an investigation of soil-stream linkages. *Hydrological Processes*, v. 18, p. 3255-3275, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Recursos naturais e meio ambiente: Uma visão do Brasil*. Rio de Janeiro. 2004.

KEELING, C. D. & WHORF, T. P. *Atmospheric CO<sub>2</sub> records from sites in the SIO air sampling network*. Oak Ridge: US Department of Energy, 2004. Disponível em: <<http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/sio-mlo.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2004.

KLEEREKOPER, H. *Introdução ao estudo da limnologia*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 1990.

MUNHOZ, K. C. A.; KRUSCHE, A. V.; UMETSU, C. A.; DALMAGRO, H. J.; SANTOS, V. A.; ALMEIDA, L. G.; MATEUS, N. M. R. Carbono orgânico dissolvido nos rios Teles Pires e Cristalino. In: CONGRESSO DE ESTUDANTE E BOLSISTAS DO LBA, 2, 2005. Manaus. *Anais...* Manaus: LBA, 2005. CD-ROM. p. 7-9.

PUGH, J.; ANDERSEN, C. B.; SARGENT, K. A. Partial pressures of carbon dioxide in the Enoree river basin. In: ANNUAL MEETING OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, 2001. Greenville. *Anais eletrônicos...* Greenville: Disponível em: <<http://ees.furman.edu/students/conference.html>> Acesso em: 25 maio 2006.

RASERA, M. F. F. L. The influences of total dissolved inorganic carbon (DIC) concentrations and pH on potential outgassing from rivers in Rondônia. In: LBA SCIENTIFIC CONFERENCE, 3, 2004, Brasília. *Abstract book...* Brasília: LBA, 2004. CD-ROM. p. 37.13.

RASERA, M. F. F. L. *O papel das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, em rios da bacia do Ji-Paraná (RO), no ciclo regional do carbono*. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

RAYMOND, P. A.; CARACO, N. F.; COLE, J. J. Carbon dioxide concentration and atmospheric flux in the Hudson river. *Estuaries*, v. 20, p. 381-390, 1997.

RICHEY, J. E.; BROCK, J. T.; NAIMAN, R. J.; WISSMAR, R. C.; STALLARD, R. F. Organic carbon: oxidation and transport in the Amazon River. *Science*, v. 207, p. 1348-1351, 1980.

RICHEY, J. E.; VICTORIA, R. L.; SALATI, E.; FORSBERG, B. R. The biogeochemistry of a major river system: The Amazon case study. In: Degens, E. T.; Kempe, S.; Richey, J. E. *Biogeochemistry of major world rivers*. New York: John Wiley. p. 57-74. (SCOPE, 42), 1991.

RICHEY, J. E.; MELACK, J. M.; AUFDENKAMPE, A. K.; BALLESTER, V. M.; HESS, L. From water to the atmosphere: carbon dioxide evasion from the Amazon River system. *Nature*, v. 416, p. 617-620, 2002.

SANTOS, V. A.; RONDON NETO, R. M.; MUNHOZ, K. C. A.; DALMAGRO, H. J.; ALMEIDA, L. G.; SULI, G. S.; PRIANTE FILHO, N.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; DAL BEM, C. R. Análise florística e estrutural de uma floresta ombrófila aberta primária no Hotel de Selva Cristalino, Alta Floresta – MT. In: LBA SCIENTIFIC CONFERENCE, 3., 2004, Brasília. *Abstract book...* Brasília: LBA, 2004. CD-ROM. p. 27-29.

SKIRROW, G. The dissolved gases – carbon dioxide. In: Riley, J. P.; Skirrow, G. (Ed.). *Chemical oceanography*. 2. ed. London: Academic Press, 1975.

SOUSA, E. S.; SALIMON, C. I.; VICTORIA, R. L. Fluxos de carbono em igarapés na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO DE ESTUDANTE E BOLSISTAS DO LBA, 2, 2005, Manaus. *Anais...* Manaus: LBA, 2005. CD-ROM. p. 2.43.

VICTORIA, R. L. *O papel dos sistemas fluviais amazônicos no balanço regional e global de carbono: evasão de CO<sub>2</sub> e interações entre os ambientes terrestres e aquáticos*. São Paulo: FAPESP. (Relatório Parcial), 2005.

