

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

A RELAÇÃO ENTRE O CARBONO E NITROGÊNIO NOS RIOS SOLIMÕES E NEGRO - AM

*Regison da Costa de Oliveira¹; Maria do Socorro Rocha da Silva²; Alexandre Souza Bastos¹;
Nubia Abrantes Gomes³; Sávio José F. Ferreira²; Sebastião Átila F. Miranda²; Eduardo Antonio
Ríos-Villamizar²; Aretusa Cetauro Abreu²; Hillândia Brandão da Cunha²; Aline Corrêa de Sousa¹;
Gleice Guerreiro Temoteo¹ & Elaine Pires de Freitas¹*

RESUMO – O estudo visa compreender a dinâmica do nitrogênio e do carbono entre os rios Solimões e Negro, assim como avaliar a relação carbono/nitrogênio em ambos os rios e comparar o carbono total dissolvido (DOC) com o teor de CO₂ obtidos pela rede Beija Rio. Foram feitas coletas no rio Negro (nov/2016 e maio/2017) e rio Solimões (maio/2017). As variáveis temperatura (com termômetro de mercúrio); pH (pHmetro - Orion 290Aplus); condutividade elétrica (condutivímetro VWR - 2052); oxigênio dissolvido (medidor YSI 55), foram determinadas. O carbono foi coletado com seringa, as amostras foram filtradas em filtro Whatmann, com 0,7 µm e as análises foram feitas com SHIMADZU (TOC – V cph). O DOC mostra um comportamento inversamente proporcional com o pH da água e correlacionado com a cota do rio, que influencia ambas as variáveis. No rio Solimões os valores de pH encontrados são bem próximos da neutralidade e o DOC é menor que os valores obtidos no rio Negro, permanecendo, assim, a mesma relação entre pH e DOC observada no rio Negro.

Palavras-Chave – Carbono orgânico nos rios Negro e Solimões; carbono inorgânico em rios da Bacia Amazônica, Bacia Amazônica.

ABSTRACT– The study aims to understand the dynamics of nitrogen and carbon between the Solimões and Negro rivers, as well as to evaluate the carbon / nitrogen ratio in both rivers and compare the total dissolved carbon (DOC) with the CO₂ content obtained by the Beija Rio network. Collections were made in the Negro river (nov / 2016 and May / 2017) and river Solimões (May / 2017). The temperature variables (with mercury thermometer); pH (pH-meter - Orion 290Aplus); electrical conductivity (VWR - 2052 conductivity meter); dissolved oxygen (YSI 55 meter) were determined. The carbon was collected with a syringe, the samples were filtered on a Whatmann filter, with 0.7 µm and the analyzes were done with SHIMADZU (TOC-V cph). The DOC shows a behavior inversely proportional to the pH of the water and correlated with the river quota, which influences both variables. In the Solimões River, the values of pH found are very close to neutrality and DOC is lower than the values obtained in the Negro River, thus remaining the same relation between pH and DOC observed in the Negro river.

Keywords - Organic carbon in the Negro and Solimões rivers; Inorganic carbon in rivers of the Amazon Basin, Amazon Basin.

1) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA/MCTIC, Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente - PPG-CLIAMB, Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis - Campus I, CEP 69067-375, Manaus – Amazonas – Brasil. Email do correspondente: Regison.oliveira@gmail.com;

2) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/MCTIC, Av. André Araújo, 2.936, Petrópolis, Campus I, CEP: 69067-375, Manaus, Amazonas, Brasil. Email do correspondente: Ssilva@inpa.gov.br;

3) Universidade Federal de Roraima – UFRR. Av. Capitão Ene Garcez, nº 2413 – CBio, Bloco IV – 401. Aeroporto - CEP: 69.310-000 – Boa Vista/RR. nubiaabranes.gomes@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

O principal papel biogeoquímico tipicamente atribuído aos sistemas fluviais é o de “vazamento de carbono”, segundo Malhi e Grace (2000). De acordo com Richey *et al.*, (2009) as três principais formas do carbono a serem mobilizadas da terra e transportadas pelos sistemas fluviais são os seguintes: (i) carbono orgânico particulado (POC), que entra nos rios através da erosão de solos (em geral materiais mais antigos) e como liteira (em geral produzida recentemente); (ii) carbono orgânico dissolvido (DOC), que é produzido a partir do carbono orgânico solubilizado do solo, que entra através do curso d’água via águas subterrâneas, escoamento superficial e subsuperficial; e, (iii) carbono inorgânico dissolvido (DIC), que entra no curso d’água via fixação de CO_2 proveniente da lixiviação de rochas carbonatadas e silicatadas.

Os efeitos dessas entradas de carbono no sistema estão, de certa forma, relacionados à dimensão do rio. O rio Negro é um rio de águas pretas, de grandes dimensões, cujas características hidroquímicas já vêm sendo estudadas e descritas em vários trabalhos (Silva, 2013). Está sujeito a estas entradas vindas do sistema terrestre, mas também recebe águas de tributários das margens direita e esquerda, cujas águas possuem características diferentes daquela que escoam no canal principal (Santos *et al.*, 1981; Silva, 2013). Essas diferenças incluem também dados de pressão parcial de CO_2 , conforme justificativa apresentada por Krusche, para a Chamada MCTI/CNPq/FNDCT – Ação Transversal - nº 68/2013 – Programa de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA, com base em dados da rede “Beija Rio”. Já o rio Solimões possui águas brancas cujas características também têm sido estudadas (Silva, 2013). Também recebe de seus afluentes e do solo entradas de carbono. Além dessas entradas alóctones, em ambos os rios, existe ainda as contribuições autóctones devido à respiração dos organismos e também o consumo devido à fotossíntese.

Segundo Richey *et al.* (2009), o teor de CO_2 na água pode estar diretamente ligado às características hidroquímicas de cada rio, o que torna relevante a inclusão da química da água para uma melhor compreensão desses processos, no qual fatores como o clima, vegetação e a geologia local podem ter influência direta no papel dos sistemas fluviais na emissão de CO_2 na Atmosfera.

O trabalho avalia dois rios com características distintas em uma mesma zona climática, para compreender as dinâmicas do nitrogênio e do carbono e o papel global da bacia do rio Amazonas no balanço de carbono, uma vez que o rio Amazonas emite 13 vezes mais carbono na atmosfera em forma de CO_2 , do que despeja no oceano em todas as demais formas (Krusche, 2011). Assim o presente estudo objetivou avaliar e comparar o comportamento do DOC, carbono inorgânico dissolvido (DIC) e nitrogênio total (TN), entre os rios Negro e Solimões e analisar a relação carbono/nitrogênio em ambos os rios.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos rios Solimões/AM e no afluente da margem esquerda rio Negro. Os sítios amostrais são: rio Solimões, na parte central, situado a aproximadamente 12 km da cidade de Iranduba/AM, coordenadas: latitudes ($3^{\circ}19,325'$ Sul) e longitudes ($60^{\circ}5,624'$ Oeste); Rio Negro, na parte central, situado a aproximadamente 30 km da cidade de Manaus/AM, coordenadas: latitudes ($3^{\circ}3,756'$ Sul) e longitudes ($60^{\circ}18,341'$ Oeste).

Pontos de coleta da rede Beija Rio - Rio Negro/Rio Solimões.

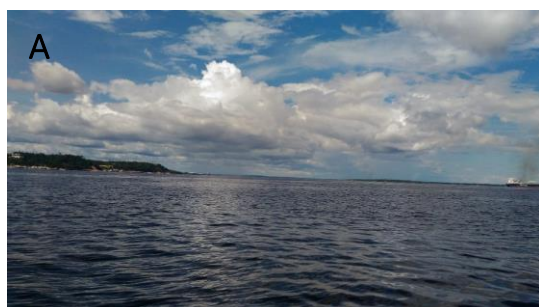
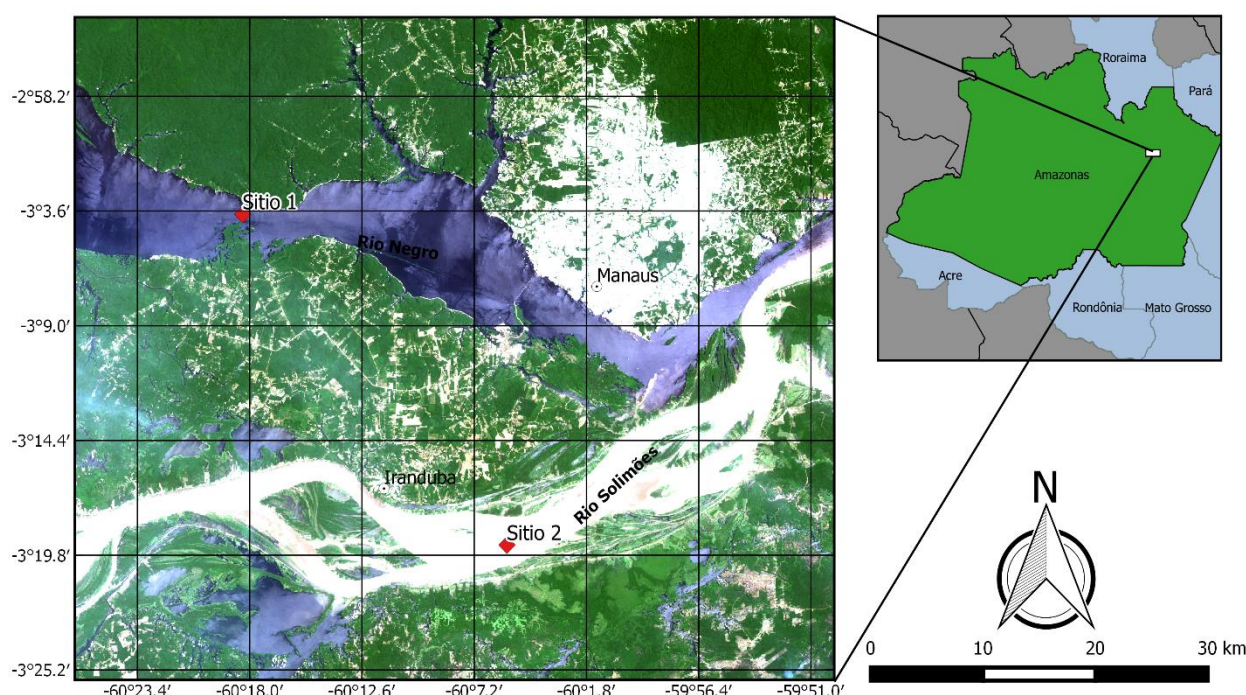


Figura 1. Mapa de Localização dos sítios amostrais da Rede Beija rio (fonte: Arquivos pessoais 2017) e fotos dos pontos de coletas: A) rio Negro e B) Solimões

O sítio 1 está situado no primeiro trecho, que abrange desde a sua foz no rio Amazonas até as proximidades do município de Novo Airão, totalizando 249 km de extensão. Neste trecho o rio

apresenta muita variação de largura e apresenta diversas ilhas fluviais, onde se encontra o arquipélago de Anavilhanas (Cunha e Pascoalato, 2006).

O sítio 2 está situado no trecho denominado Solimões, onde suas águas possuem elevada quantidade de material em suspensão e sais dissolvidos provenientes dos Andes e da erosão dos sedimentos situados ao longo das bacias de drenagens (Cunha e Pascoalato, 2006).

Foram realizadas duas coletas no sítio amostral do rio Negro, uma no mês de novembro de 2016 e outra em maio de 2017. No rio Solimões foi realizado apenas uma coleta no mês de maio de 2017, devido a primeira ter sido interrompida por uma forte tempestade. Para a coleta da amostra foi criado no momento da coleta, um sistema de fluxo contínuo dentro do barco, constituído por uma bomba submersa com altura graduada de acordo com a profundidade desejada. A água foi despejada dentro de uma proveta de 02 litros até transbordar duas vezes seu volume. Após realizado esses procedimentos iniciou-se a coleta e as medições “*in loco*”. As coletas foram realizadas em perfis de 0 m, 0,5 m, 1 m, e 4 m de profundidade.

Para o nitrogênio as amostras foram coletadas utilizando uma seringa de 60 ml, retirando a amostra abaixo da superfície da água (para evitar qualquer troca gasosa). Em seguida a seringa foi conectada ao suporte de filtros de 25 mm de diâmetro contendo um filtro de acetato de celulose de 0,45 μm de poro e pressionado o êmbolo para passar algumas gotas e lavar o filtro. Então o restante da amostra é filtrado diretamente dentro do frasco de polietileno de alta densidade, previamente rotulado. A amostra foi preservada com Thymol, a uma razão de 10 mg para cada 60 mL de amostra.

Para análise de carbono orgânico e dissolvido, as coletas também foram feitas com seringa e suporte de filtro de 25 mm, mas sem deixar a amostra tocar no êmbolo de borracha, para evitar contaminação. As amostras foram filtradas utilizando um filtro de fibra de vidro Whatmann, do tipo GFF, com 0,7 μm de poro e armazenada em frascos de vidro de 25 mL, sendo preservada com 25 μL de ácido clorídrico 50% v/v de pureza HPLC. Devido a variabilidade, foram coletadas amostras em triplicatas. Todas essas técnicas estão descritas no manual oficial de coleta da rede beija rio estabelecidas em 2015.

Foram determinadas as variáveis temperatura (com termômetro de mercúrio); pH (pH-metro da marca Orion 290Aplus); condutividade elétrica (condutivímetro da marca VWR model 2052); oxigênio dissolvido (medidor de oxigênio dissolvido YSI 55). O carbono orgânico dissolvido e inorgânico dissolvido foram feitas por combustão catalítica, no analisador de carbono SHIMADZU (TOC – V cph), com unidade de nitrogênio acoplado (TNM -1), em seguida foi realizado a análise de nitrogênio total com a unidade de nitrogênio acoplado ativada. Os dados de cota foram obtidos das estações telemétricas da ANA (Agência Nacional de Águas), obtidas através da plataforma hidroweb. Devido ao baixo número de coletas, foram obtidos dados da rede Beija Rio referente a coletas realizadas nos anos de 2015 e 2016 para efeito de comparação e complementar o trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil no rio Negro apresentou valores característicos das águas superficiais deste rio. Levando em conta o desvio padrão amostral os valores encontrados nas diferentes profundidades não apresentaram diferenças entre si, exceto no TN, caracterizando uma zona homogênea. A temperatura variando entre 29 °C e 31 °C, águas ácidas com pH próximo a 4, baixo teor de íons com condutividade elétrica entre 10,4 a 11,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, oxigênio variando de 3,51 a 5,9 mg/L, e valores de carbono orgânico dissolvido (DOC) próximos a 10 mg/L, teores de carbono inorgânico dissolvido (DIC) e nitrogênio total (TN) abaixo de 1 mg/L. Os valores obtidos na segunda coleta realizada no sítio 1 – rio Negro são similares ao da primeira, não apresentando variações significativas nas variáveis entre uma coleta e outra (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), carbono orgânico dissolvido (DOC), carbono inorgânico dissolvido (DIC) e nitrogênio total (TN) no sítio 1 – rio Negro, no dia 10 de novembro de 2016.

Amostra	T AR	T Água	pH	CE	OD	DOC	DIC	TN
	(°C)	(°C)		($\mu\text{S}/\text{cm}$)	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
RN_SUP	32,00	30,70	4,01	11,80	5,90	9,93	0,76	0,50
RN_0,5 m	32,00	30,90	3,94	10,40	4,72	9,97	1,05	0,53
RN_1 m	32,00	31,00	3,95	11,8		10,06	0,81	0,42

O perfil no rio Solimões apresentou valores distintos dos encontrados no rio Negro, o que já era esperado devido ser um rio de águas mais alcalinas com características diferentes e um grande aporte de nutrientes. Em relação as diferentes profundidades de coleta, apresentou a mesma homogeneidade que o rio Negro. A temperatura próximo a 28,5 °C, valores inferiores ao do rio Negro, águas próximo a neutralidade com pH próximo a 6,5, condutividade elétrica variando de 84,5 a 86,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, águas com valores de oxigênio dissolvido próximo a 2,5 mg/L, concentrações menor que o rio Negro, provavelmente devido ao rio Solimões apresentar maior taxa de respiração de organismos. Ao contrário do rio Negro, o rio Solimões apresentou valores de DOC mais baixos, variando de 5,76 a 6,97 mg/L e altos valores de DIC, variando de 25,34 a 25,85 mg/L e valores de TN parecidos com os valores encontrados no rio Negro (Tabela 2). Segundo Richey *et al.* (2009), em estudos na bacia amazônica, os maiores valores de DOC encontrados foram em rios de águas pretas com pH ácido, que apresentaram mudanças nos processos dinâmicos relacionados ao carbono em relação ao ciclo hidrológico. O que justifica o rio Solimões ser um rio de águas com pH próximo a neutralidade e apresentar teor de carbono orgânico dissolvido menor que os encontrados no rio Negro.

Tabela 2. Valores de temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), carbono orgânico dissolvido (DOC), carbono inorgânico dissolvido (DIC) e nitrogênio total (TN) no sítio 1 – rio Negro e sítio 2 – rio Solimões, no dia 19 de abril de 2017.

Amostra	T AR	T Água	pH	CE	OD	DOC	DIC	TN
	(°C)	(°C)		(µS/cm)	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
RN_SUP	32,00	30,05	4,31	11,80	3,77	9,88	0,74	0,40
RN_0,5M	32,00	29,00	4,21	11,90	3,51	10,73	0,83	0,67
RN_1M	32,00	29,00	4,14	12,00	3,55	9,89	0,82	0,73
RS_SUP	32,00	28,60	6,49	84,50	2,48	5,76	25,84	0,48
RS_0,5M	32,00	28,50	6,46	86,10	2,40	6,06	25,72	0,59
RS_1M	32,00	28,50	6,41	86,10	2,45	6,97	25,34	0,69

O carbono orgânico tem origem da decomposição de plantas e animais e de seus detritos e são compostos por proteínas, carboidratos, lipídios e compostos húmicos (Esteves, 1998). O rio Negro possui teores elevados de ácidos húmicos (Silva, 2013), o que pode ser uma das causas de o DOC ser mais elevado neste rio (figura 3). O carbono inorgânico tem origem da atmosfera, chuva, água subterrânea, decomposição e respiração de organismos, e suas principais formas são carbono inorgânico livre, íons carbonato e íons bicarbonato, que estão relacionadas com fatores bióticos e abióticos, como pH e temperatura (Esteves, 1998). Levando em conta o que foi abordado por Esteves (1998), uma das principais formas do carbono está em forma de íons, pode-se utilizar este argumento para justificar o fato de o rio Solimões apresentar altos teores de carbono inorgânico e o rio Negro apresenta valores muito baixo (figura 2) e atribuir esse comportamento diferente entre os dois rios ao pH e a condutividade elétrica, que indicam maior mineralização e aporte de nutrientes no rio Solimões.

De acordo com a base de dados da rede Beija Rio, MCTI/CNPq/FNDCT – do Programa de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), em coletas realizadas nos anos de 2015 e 2016 com profundidade de um terço da profundidade total, a condutividade elétrica no rio Solimões apresenta uma relação direta com o carbono inorgânico dissolvido conforme mostra a figura 2, sendo que a condutividade elétrica é um bom indicador de íons e nutrientes no meio aquático, podendo assim estimar que o rio Solimões possui elevados teores de DIC, devido suas características apresentarem nutrientes em abundância e elevadas taxas de respiração dos organismos, quando comparado com o rio Negro, como citado anteriormente.

Já no rio Negro essa relação não existiu, conforme mostra a figura 2, em alguns casos ocorreu uma pequena relação no período de 26 de agosto de 2015 a 31 de março de 2016, mas esta relação não permaneceu estável nas demais coletas, podendo possuir ou não uma relação temporária, que é difícil de analisar devido o teor de DIC ser muito baixo. No entanto a condutividade elétrica é uma

variável de suma importância para compreender as diferenças da dinâmica do carbono entre os rios de águas preta e branca.

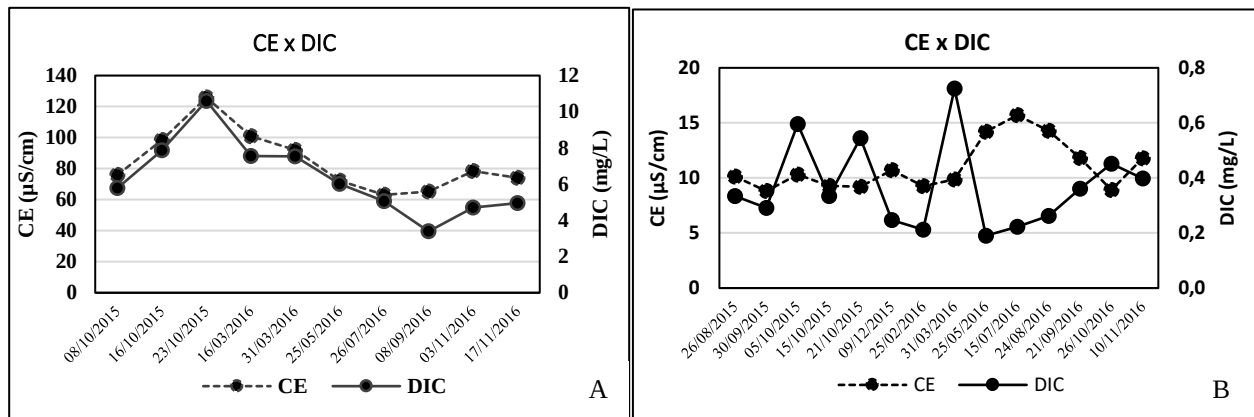


Figura 2. Comportamento da condutividade elétrica e carbono orgânico dissolvido coletados a 1/3 da profundidade total A) do sítio 2 -rio Solimões nos períodos de setembro de 2015 a agosto de 2016 e B) do sítio 1 - rio Negro nos períodos de setembro de 2015 a agosto de 2016. Fonte: Rede de Amostragem Beija Rio.

O DOC mostra um comportamento inversamente proporcional com o pH da água e correlacionado com a cota do rio, que influencia ambas variáveis. Como mostra a figura 3, quanto maior a acidez da água, maior a concentração de DOC, pois são diretamente influenciadas pela cota do rio, conforme o observado. Conclusões que corroboram com as hipóteses levantadas por Richey *et al.* (2009), que assim como o pH tem seu comportamento de acordo os períodos sazonais, o carbono apresenta uma boa correlação com a sazonalidade, no qual uma das principais fontes de carbono nos rios amazônicos é o ácido húmico proveniente da decomposição da matéria orgânica vinda dos sistemas florestais.

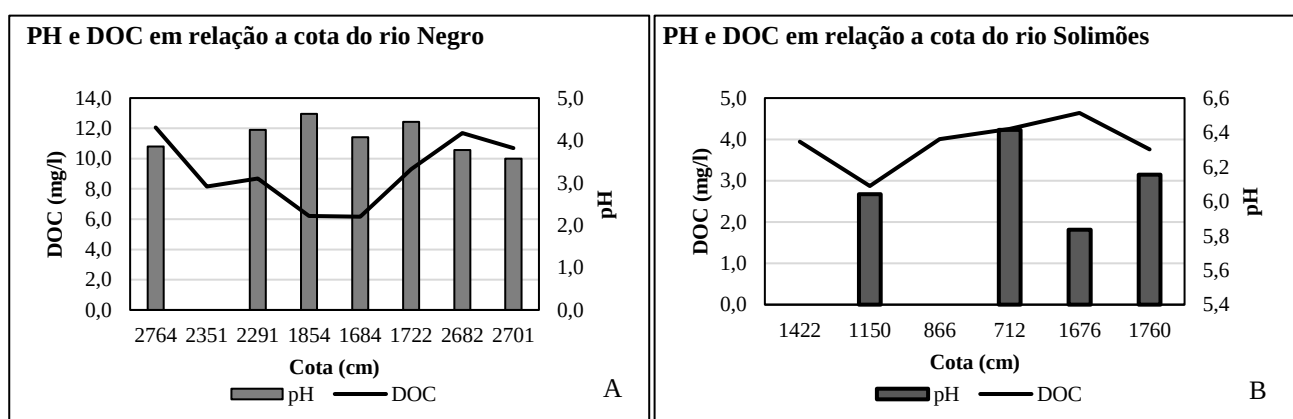


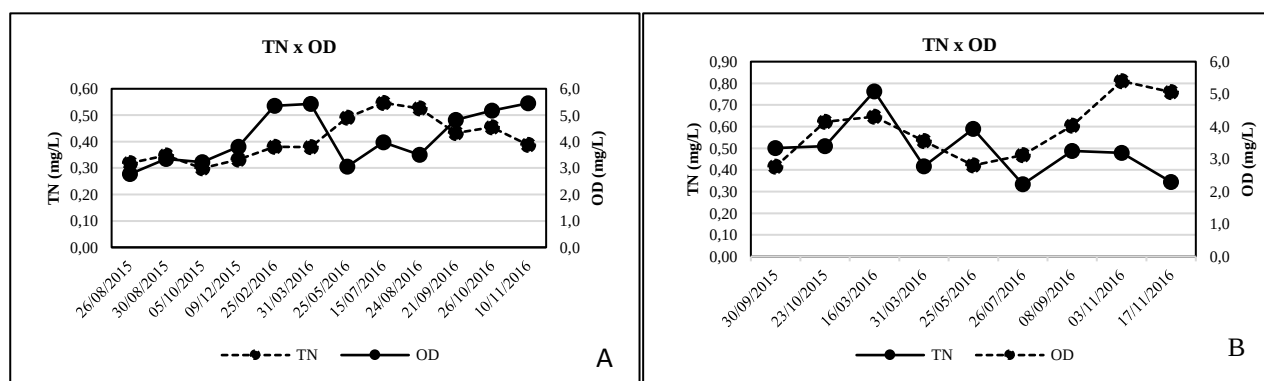
Figura 3. pH e carbono orgânico dissolvido em relação a cota do A) rio Negro nos períodos de setembro de 2015 a agosto de 2016 e B) cota do rio Solimões nos períodos de janeiro de 2015 a agosto de 2016.

No rio Solimões os valores de pH encontrados são bem próximos da neutralidade e o DOC é menor que os valores obtidos no rio Negro, permanecendo, assim, a mesma relação entre pH e DOC

observada no rio Negro. O rio Solimões possui características limnológicas diferentes das do rio Negro, o que se pode indicar que o ciclo do carbono e a relação carbono/nitrogênio, podem apresentar uma dinâmica de processos biológicos diferentes, pois rios de águas pretas são pobres em nutrientes e muito ricos em substâncias húmicas, enquanto os rios de águas brancas são ricos em nutrientes e pobres em substâncias húmicas.

Krusche (2011) afirma que quanto maior o teor de carbono dissolvido na água, maior será a emissão de dióxido de carbono na atmosfera, no qual pode se levantar a hipótese de que o rio Negro emite uma parcela desse gás maior que a emitida pelo rio Solimões. Artaxo (2005) aborda que mudanças no uso da terra, podem refletir diretamente a dinâmica do carbono nos rios e florestas e, como consequência, influenciam as alterações na química atmosférica. Assim, como as mudanças nos ciclos dos nutrientes podem influenciar nas mudanças ambientais, é de se esperar que a clivagem de carbono e nutrientes seja alterada, na medida em que as intervenções na floresta ocorrem (Luizão, 2010).

O TN tanto no rio Solimões quanto no rio Negro apresentaram valores inferiores a 1 mg/L, com o Negro variando de 0,40 mg/L a 0,73 mg/L e no Solimões variando de 0,50 mg/L a 0,70 mg/L, apresentando ser inversamente proporcional ao oxigênio dissolvido e uma pequena heterogeneidade em seu fluxo vertical (Figura 4), que corrobora com a ideia de Esteves (1988) e Spiro *et al.* (2012) que abordam a dinâmica do nitrogênio como um sistema dependente da produtividade local do ecossistema e possui relação direta com o oxigênio dissolvido.



Segundo Silva (2015) pode-se dizer que esse elemento é de extrema importância para compreender a estocagem de carbono nesse ecossistema, uma vez que o teor de nitrogênio influencia, em diferentes proporções, no alocamento do carbono. Assim, a quantidade de carbono alocado depende da relação carbono/nitrogênio, tendo uma eficiência nos processos de acordo com as características do ambiente.

CONCLUSÃO

Os rios Negro e Solimões mostraram comportamento bem diferentes, tendo a dinâmica do carbono e nitrogênio refletidos por suas características peculiares. O rio Negro por apresentar águas ácidas e baixa carga iônica, apresentou teores de DOC maiores que os encontrados no rio Solimões, enquanto o rio Solimões apresentou elevados valores de DIC, próximo a 25 mg/L na parte superficial e próximo a 10 mg/L a 1/3 da profundidade total e o Negro apresentou valores muito baixo em todas as profundidades, tendo essa variável uma boa correlação com a condutividade elétrica. O TN teve comportamento similar nos dois rios, variando com a profundidade, e uma variação sazonal no rio Solimões. Considerando as características diferentes de ambos os rios, atribui-se aos sistemas fluviais o responsável pela evasão de carbono na bacia Amazônica, sendo que cada rio possui um mecanismo e uma maneira diferente de influenciar nesse ciclo, dependendo de suas características hidroquímicas, biológicas e físicas, sendo esse mecanismo bastante complexo de compreender, instigando futuros estudos mais detalhados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A.M.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.R.; LARA, L.L.; PAULIQUEVIS, T.T.; PROCÓPIO, A.S; RIZZO, L.V. 2005. *Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica*. Acta Amazônica, VOL. 35(2): 185 – 196.
- CUNHA, H.B.; PASCOALOTO, D. 2006. *Hidroquímica dos rios da Amazônia*. Manaus: Governo do Estado do Amazonas, Secretaria de Estado da Cultura, Centro Cultural dos Povos da Amazônia. Série Pesquisas, 127pp.
- ESTEVES, F. A. 1998. *Fundamentos de limnologia*. Segunda Edição. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 602 p.
- KRUSCHE, A.V. 2015. *Manual prático de técnicas do projeto “O papel dos rios no ciclo de carbono na Amazônia”*. Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena-USP).
- KRUSCHE, A.C. 2011. Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena-USP): depoimento [out. 2011]. Entrevistador: Eduardo Dantas: EcoDebate, 2011. *Pesquisadores estudam emissões de CO2 dos rios da Amazônia*. Entrevista concedida ao portal **EcoAmazônia**.

- LUIZÃO, F.J. 2016. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e Cultura* [online]. 2007, v.59, n.3, pp. 31-36. ISSN 0009-6725. Disponível em: < <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v59n3/a14v59n3.pdf> >. Acesso em: 15 out.
- MAHLI, Y.; GRACE, J. 2000. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *TREE* 15: 333-337.
- RICHEY, J.E.; KRUSCHE, A.V.; JOHNSON, M.S.; CUNHA, H.B.; BALLESTER, M.V. 2009. *The role of rivers in the regional carbon balance*. Pages 489-504 in M. Keller, M.G. Bustamante, P.S. Dias, editors. *Amazonia and global change*. American Geophysical Union, Washington, D.C
- SANTOS, A., Ribeiro, M.N.G., Ribeiro, J.S., Bringel, S.R.B. 1981. *Hidroquímica da Amazônia Central III. Química de água de lavagem da floresta no ecossistema Campina Amazônia (Stemflow)*. *Acta Amazonica*, v. 11, p. 335-46.
- SILVA, LIBÉRIO JUNIOR DA, MARIHUS ALTOÉ BALDOTTO, LÍLIAN ESTRELA BORGES BALDOTTO, E HERMÍNIA EMILIA PRIETO MARTINEZ. *Estoques De Carbono E Nitrogênio De Solos E Sua Relação Com Atributos Químicos De Solos, águas E Sedimentos Marginais Como Indicadores De Manejo E Conservação De Ecossistemas Na Bacia Do Rio Paraopeba-MG*. Universidade Federal de Viçosa, 2015.
- SILVA, M.S.R. 2013. *Bacia hidrográfica do rio Amazonas: Contribuição para o enquadramento e preservação*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Amazonas.
- SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. *Química Ambiental*. 2. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.