

## CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA E DISSOLVIDA NA PORÇÃO FLUVIAL E ESTUÁRIO INTERNO DO RIO PARAÍBA DO SUL, RJ

Brito, F. P.<sup>1</sup>; Rangel, T. P.<sup>2</sup>; Marques, J. S. J.<sup>1</sup>; Araújo, B. F.<sup>1</sup>; Salomão, M. S. M. B.<sup>1</sup>; Rezende, C. E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Biociências e Biotecnologia, Laboratório de Ciências Ambientais, Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, 28.013-600; freduenf@hotmail.com ou crezende@uenf.br. <sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Departamento de Geoquímica, 5º andar, Campus do Valonguinho, Centro, Niterói –RJ, 24029-000.

### RESUMO

Este estudo investigou a variação espacial e temporal das concentrações da Matéria Orgânica Particulada e Dissolvida na porção fluvial e no estuário interno do rio Paraíba do Sul nos períodos de seca e cheia nos anos de 2007 e 2008. Os valores médios de COD variaram entre 180-731 µM. A menor concentração média foi no canal principal no período de seca enquanto a maior concentração média foi encontrada no mangue no período de cheia. Na maior parte das áreas estudadas o COD, Corg e Ntotal apresentaram maiores valores no período de cheia, relacionado a lavagem dos solos da bacia que ocorrem no período chuvoso. Em relação a variação espacial, os maiores valores encontrados no mangue sugerem ser o ecossistema manguezal um importante exportador de Matéria Orgânica Dissolvida e Particulada, contribuindo de maneira significativa para o transporte de matéria orgânica do RPS para o oceano Atlântico.

**Palavras chave:** carbono, manguezal, rios tropicais

### INTRODUÇÃO

Os estuários são os caminhos de transferência da matéria orgânica particulada e dissolvida do continente para os sistemas marinhos através dos rios. Eles exibem uma ampla variação em termos de diversidade, geomorfologia, geoquímica da bacia de drenagem, fluxo fluvial e influência da maré. Esses ecossistemas são extremamente dinâmicos, usualmente caracterizados pelo forte gradiente físico-químico, alta atividade biológica e intensa sedimentação e ressuspensão.

A matéria orgânica (MO) em ambientes naturais, apresentada na forma particulada ou dissolvida, é utilizada como fonte de energia, nutrição, formação de depósitos fósseis e registro das condições ambientais, além de ser um importante suporte geoquímico para o transporte de metais e outros poluentes. O transporte fluvial da MO do ambiente terrestre para o ambiente marinho representa uma ligação importante dos ciclos globais de elementos bioativos, que modula a biosfera ao longo do tempo geológico e suporta de uma maneira significativa as atividades heterotróficas dentro dos rios, estuários e sistemas marinhos similares. A matéria orgânica particulada (MOP) consiste em detritos vegetais, matéria orgânica do solo, invertebrados, entre outros, sendo muito importante na cadeia alimentar detritívora dos ecossistemas aquáticos.

O carbono orgânico dissolvido (COD) é uma das principais frações da matéria orgânica, que se constitui em fonte de energia nos ambientes aquáticos, apresentando um importante papel nos processos biogeoquímicos globais. Este trabalho tem como objetivo caracterizar a variação espacial e temporal da Matéria Orgânica Dissolvida (MOD) e Matéria Orgânica Particulada (MOP) na porção fluvial e estuário interno do rio Paraíba do Sul.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área da bacia do rio Paraíba do Sul (RPS) é cerca de 57.000 km<sup>2</sup>, com uma extensão de 1.145 km, situada em uma das regiões mais industrializadas do país, incluindo parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, onde sua foz localiza-se em Atafona, na região Norte Fluminense, RJ (CEIVAP, 2006). A bacia do RPS sofre com diversos impactos antrópicos, como a retirada de sua cobertura vegetal original para fins agropecuários, atividades industriais (ex: usinas de produção de açúcar e álcool e a indústria de bebidas).

Outra atividade importante é o extrativismo mineral e a atividade industrial associada, (ex.: cerâmicas, marmorarias, pedreiras), além do despejo de efluentes domésticos e industriais.

Foram realizadas duas coletas na porção fluvial e no estuário interno do RPS, uma em agosto de 2007 (seca) e outra em fevereiro de 2008 (cheia). Foram coletadas um total de 32 amostras de água superficial, as quais foram armazenadas no escuro e mantidas sobre refrigeração até a chegada ao laboratório.

As variáveis físico-químicas (condutividade elétrica, pH, e temperatura) foram determinadas no campo utilizando potenciômetros portáteis. No laboratório foi medido o teor de oxigênio dissolvido (OD) pelo método de Winkler e alíquotas das amostras foram filtradas utilizando-se filtros de fibra de vidro GF/F (0,7  $\mu$ m de porosidade), previamente calcinados (200°C/4h). O material particulado em suspensão (MPS) foi obtido por gravimetria. Para a determinação dos teores de C e N os filtros foram levados a um analisador elementar CHNS/O (Perkin Elmer, modelo 2400 Series II). Para a análise do carbono orgânico dissolvido (COD), foram separadas alíquotas do volume filtrado e determinado o COD em um analisador de carbono orgânico total (Shimadzu, TOC-5000). A clorofila-a (CLa) foi determinada por espectrofotometria de acordo com o método tricromático de Jeffrey e Humphrey (1975), descrito em Arar (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A temperatura da água apresentou valores menores no período seco (inverno) e maiores no período de cheia (verão), seguindo um padrão esperado para as estações do ano. Para a condutividade elétrica (CE) o menor valor encontrado foi de 55 $\mu$ S/cm na porção fluvial, no período de cheia e o maior valor foi de 3614 $\mu$ S/cm, no período seco no mangue (Tab.1). Na porção fluvial os menores valores encontrados durante o período da cheia eram esperados, uma vez que nesse período ocorre um maior aporte através do escoamento superficial, diluindo a entrada via efluentes de esgotos e via lençol freático que é mais enriquecida em íons (DANIEL *et al.*, 2002). Na região estuarina, a condutividade é fortemente influenciada pela maré. Como as coletas foram realizadas em diferentes situações de maré não foi encontrado um padrão para todas as áreas estudadas. Na porção fluvial, no canal secundário e no mangue os valores de condutividade foram maiores no período seco. Já no canal principal os maiores valores foram encontrados na cheia, possivelmente explicado pela diferença das condições de maré no momento da coleta ou por diferenças no posicionamento das estações de amostragem.

**Tabela 1:** Média (n=4), desvio padrão e, entre parênteses, mínimo e máximo dos valores das variáveis estudadas nos períodos de seca e cheia da porção fluvial estuário interno do RPS.

Variável	Porção Fluvial		Canal Principal		Canal Secundário		Mangue	
	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia
<b>CE</b> ( $\mu$ S.cm <sup>-1</sup> )	80 $\pm$ 1 (79-81)	55 $\pm$ 4 (54-56)	748 $\pm$ 1262 (83-2640)	1116 $\pm$ 2116 (57-4290)	1649 $\pm$ 1556 (90-3740)	1407 $\pm$ 1683 (63-3630)	3614 $\pm$ 1466 (1567-4950)	175 $\pm$ 12 (165-186)
<b>pH</b>	7,0 $\pm$ 0,1 (6,9 - 7,2)	7,3 $\pm$ 0,3 (6,9 - 7,6)	7,4 $\pm$ 0,2 (7,3 - 7,6)	7,4 $\pm$ 0,0 (7,3 - 7,4)	7,6 $\pm$ 0,4 (7,0 - 7,9)	8,1 $\pm$ 0,9 (7,2 - 9,0)	7,2 $\pm$ 0,2 (7,0 - 7,5)	7,3 $\pm$ 0,0 (7,2 - 7,3)
<b>Temp.</b> (°C)	24,4 $\pm$ 0,5 (23,7 - 24,8)	26,5 $\pm$ 1,3 (24,9-27,8)	23,7 $\pm$ 0,1 (23,5-23,8)	28,4 $\pm$ 0,3 (27,9-28,7)	24,0 $\pm$ 0,2 (23,7-24,2)	28,9 $\pm$ 0,3 (28,6-29,4)	24,0 $\pm$ 0,1 (23,9-24,1)	29,0 $\pm$ 0,2 (28,7-29,1)
<b>OD</b> (mg.L <sup>-1</sup> )	7,8 $\pm$ 0,1 (7,6 - 8,0)	6,8 $\pm$ 0,3 (6,2 - 7,0)	7,5 $\pm$ 0,7 (6,6 - 8,1)	6,4 $\pm$ 0,2 (6,2 - 6,5)	6,6 $\pm$ 1,5 (4,7 - 7,9)	7,8 $\pm$ 0,8 (6,8 - 8,8)	5,5 $\pm$ 0,3 (5,3 - 5,9)	5,8 $\pm$ 0,1 (5,7 - 6,0)
<b>COD</b> ( $\mu$ M)	248 $\pm$ 25 (222-282)	569 $\pm$ 118 (446 - 714)	180 $\pm$ 6 (172-186)	537 $\pm$ 198 (424-833)	245 $\pm$ 96 (185 - 387)	521 $\pm$ 78 (421 - 609)	316 $\pm$ 45 (257 - 353)	731 $\pm$ 86 (637-861)
<b>Corg</b> ( $\mu$ M)	57 $\pm$ 7 (50-66)	304 $\pm$ 35 (270-344)	59 $\pm$ 6 (53-70)	269 $\pm$ 18 (242-287)	70 $\pm$ 26 (45-114)	187 $\pm$ 72 (66-237)	73 $\pm$ 5 (67-80)	152 $\pm$ 25 (119-189)
<b>Ntotal</b> ( $\mu$ M)	5 $\pm$ 1 (4-5)	28 $\pm$ 5 (22-33)	4 $\pm$ 1 (3-7)	22 $\pm$ 2 (20-25)	6 $\pm$ 3 (3-11)	16 $\pm$ 5 (8-20)	7 $\pm$ 0 (6-7)	10 $\pm$ 2 (8-12)
<b>CLa</b> ( $\mu$ g.L <sup>-1</sup> )	5,3 $\pm$ 1,4 (3,9-7,1)	2,3 $\pm$ 0,5 (1,9 - 3,1)	8,3 $\pm$ 1,7 (6,7-10,0)	1,8 $\pm$ 0,3 (1,3 - 1,9)	14,4 $\pm$ 8,1 (8,3 - 26,2)	5,4 $\pm$ 4,9 (0,9 - 10,8)	13,9 $\pm$ 3,0 (11,2-16,6)	5,2 $\pm$ 0,5 (4,3 - 5,5)
<b>MPS</b> (mg.L <sup>-1</sup> )	11 $\pm$ 2 (9-13)	120 $\pm$ 7 (112-129)	11 $\pm$ 2 (10-13)	117 $\pm$ 10 (108-128)	10 $\pm$ 2 (8-13)	63 $\pm$ 40 (15-103)	11 $\pm$ 0 (11-12)	27 $\pm$ 9 (17-40)

O COD encontrado em um rio pode ter fontes naturais ou antrópicas. Em rios extremamente poluídos pelo lançamento de esgoto são encontradas maiores concentrações de COD no período seco (DANIEL *et al.*, 2002). No presente estudo as maiores concentrações tanto de COD como de Corg e Ntotal foram observadas no período de cheia, indicando a importância do aporte da matéria orgânica oriunda da lavagem dos solos da região. Em relação a variação espacial, o mangue apresentou os maiores valores de COD quando comparados aos outros compartimentos, tanto no período seco como no período chuvoso. Isso se deve ao fato que os manguezais são ecossistemas altamente produtivos e estão constantemente sendo lavados pelo maré, contribuindo assim com elevados teores de matéria orgânica (REZENDE *et al.*, 1990). Em relação à sazonalidade as concentrações de carbono e nitrogênio foram maiores no período de cheia, devido a uma maior contribuição de material alóctone, corroborado pelas correlações significativas ( $P < 0,05$ ) entre MPS, Corg e Ntotal {Cheia  $r = 0,897$  (MPS x Corg) e  $r = 0,901$  (MPS x Ntotal)}. Na análise das correlações entre CLa e Corg, podemos observar que no período seco houve uma correlação direta significativa {Seca  $r = 0,907$  (CLa x Corg)}, que indica a importância da produtividade primária autóctone na contribuição do carbono, já no período de cheia, essa correlação foi inversa {Cheia  $r = 0,699$  (CLa x Corg)}, o que mostra que esse material é de origem terrestre. O MPS apresentou um padrão semelhante ao de COD, Corg e Ntotal com os maiores valores encontrados no período de cheia, uma vez que esse material chega a coluna d'água carregado pelo escoamento superficial, oriundo da erosão dos solos e das margens do rio e pela ressuspensão do sedimento de fundo. A CLa apresentou uma distribuição inversa ao MPS. Este resultado indica que a produção primária fitoplanctônica ocorre principalmente no período seco, quando há maior entrada de luz na coluna d'água devido a baixa concentração de MPS já descrita, além da menor velocidade do rio favorecendo o seu desenvolvimento. Com uma maior produtividade primária ocorre maior liberação de oxigênio dissolvido na coluna d'água no período seco (SALOMÃO *et al.*, 2008), e esse comportamento foi encontrado na porção fluvial e no canal principal. No canal secundário e no mangue o comportamento foi inverso, indicando que há um predomínio de atividade heterotrófica nesses compartimentos, consumindo o oxigênio. Isto é corroborado pelo fato das maiores concentrações de COD terem sido encontradas no mangue, que por sua vez apresenta conexão direta com o canal secundário. O COD foi à forma que contribuiu com maior porcentagem de carbono orgânico, com média de 79 % e 71 % nos períodos de seca e cheia respectivamente.

## CONCLUSÕES

O COD apresentou valores mais elevados no período de cheia do que no período seco, relacionado à lavagem das camadas superficiais dos solos da bacia que ocorrem durante o período chuvoso, carregando os materiais para o canal fluvial. Em relação à variação espacial, os maiores valores de COD foram encontrados no mangue e isto indica ser o ecossistema manguezal um importante exportador, em potencial, de MOD contribuindo de maneira significativa para o transporte de materiais do continente para o oceano adjacente. Em relação ao transporte de carbono orgânico pelo RPS foi observado o predomínio da forma dissolvida em relação à particulada no carbono orgânico total transportado do RPS para o ambiente marinho.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Ciências Ambientais do Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense pela disponibilidade da infra-estrutura. Este trabalho faz parte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre a Transferência de Material na Interface Continente – Oceano (CNPq Proc. 573.601/2008-9) e CER recebe apoio financeiro da FAPERJ (E- 26/102.697/2008; E- 26/112.037-2008); CNPq (Proc. 573.601/2008-9).

## REFERÊNCIAS

CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), 2006, Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

DANIEL, M.H.B., MONTEBELO, A.A., BERNARDES, M.C., OMETTO, J.P.H.B., CAMARGO, P.B., KRUSCHE, A.V., BALLESTER, M.V., VICTORIA, R.L., MARTINELLI, L.A. 2002. Effects of

urban sewage on dissolved oxygen, dissolved inorganic and organic carbon, and electrical conductivity of small streams along a gradient of urbanization in the Piracicaba river basin ***Water, Air, and Soil Pollution*** 136: 189–206.

REZENDE, C.E., LACERDA L.D., OVALLE, A.R.C., SILVA, C.A.R., MARTINELLI, L.A., 1990. Nature of POC Transport in a Mangrove Ecosystem - A Carbon Stable Isotopic Study. ***Estuarine Coastal And Shelf Science*** ;30; 6; 641-645.

SALOMÃO, M. S. M. B., COLEW, J. J., CLEMENTE, C. A., SILVA, D. M. L., DE CAMARGO, P. B., VICTORIA, R.L., MARTINELLI, L. A. 2008. CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> dynamics in human-impacted watersheds in the state of Sao Paulo, Brazil. ***Biogeochemistry*** 88; 3; 271-283.