

Sazonalidade hidroquímica e transporte de materiais dissolvidos no delta da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil (2008 – 2009)

Hydrochemical seasonality and transportation of material dissolved in the delta of the Paraíba do Sul river basin, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. Between (2008 – 2009)

Jayme Teixeira*
Helio Secco*
Cristiano Peixoto Maciel**
Marina Satika Suzuki***

Resumo

O rio Paraíba do Sul (RPS) possui grande importância econômica, por cortar a região mais industrializada do Brasil. O objetivo deste estudo foi caracterizar a dinâmica de nutrientes e os parâmetros físico-químicos do RPS entre 2008 e 2009. A amostragem de água foi conduzida quinzenalmente. A vazão apresentou maiores valores na estação chuvosa, acompanhada pelos valores de MPS, NO_2^- e PO_4^{3-} e contrária aos valores de condutividade, oxigênio dissolvido e NO_3^- . Os valores de temperatura, pH e alcalinidade variaram pouco. A vazão do rio aparece como principal fator controlador da variação da concentração dos nutrientes e nos valores dos parâmetros físico-químicos.

Palavras-chave: Nutrientes. Hidroquímica. Vazão. Rio Paraíba do Sul.

Abstract

The Paraíba do Sul River (RPS) has great economic importance, as the river crosses the most industrialized states of Brazil. The aim of this study was to characterize the dynamics of nutrients and physicochemical parameters of the RPS between 2008 and 2009. The water sampling was conducted fortnightly. The flow was higher in the rainy season, followed by values of SPM, NO_2^- and PO_4^{3-} and contrary to the values

* Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.

** Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, IF Fluminense, campus Macaé, RJ, Brasil.

*** Professor Doutor da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.

of conductivity, dissolved oxygen and NO_3^- . The temperature, pH and alkalinity had little variation. The river flow proved to be the main factor controlling the variation of nutrient content, and the values of physicochemical parameters.

Key words: Nutrients. Hydrochemistry. Flow. Paraíba do Sul River.

Introdução

O Brasil possui uma das maiores reservas hídricas do mundo, com aproximadamente 13% da água doce do planeta, e a maior parte dela está na região Norte do país (bacia Amazônica). Desta forma, outras regiões sofrem com o problema da seca. Além disso, as atividades humanas vêm deteriorando os recursos hídricos do planeta, diminuindo ainda mais a disponibilidade de água doce (ESTEVES, 1998).

Os rios são definidos como cursos naturais de água doce, com canais definidos e fluxo para o oceano. Cada rio faz parte de um sistema complexo de captação de água chamado de bacia de drenagem, e, havendo maior precipitação do que evaporação, a água será transportada para o sistema fluvial, através de percolação, escoamento superficial e subsuperficial, alimentando sua calha (TEIXEIRA et al., 2000). Os rios modificam a paisagem continental por sua capacidade de transportar produtos do intemperismo, erosão e deposição de sedimentos. Além disso, é fonte de água potável, energia hidrelétrica e de outras atividades como pesca e irrigação.

A chuva pode promover diluição dos elementos presentes na coluna d'água quando cai diretamente na calha fluvial, e quando cai na bacia de drenagem, interage com a vegetação marginal, solo e rochas, alterando a composição química da água. A classificação química da água é importante para a determinação dos fatores ambientais naturais que afetam a sua composição. Geralmente essa classificação é baseada em estudos de elementos dissolvidos (BERNER; BERNER, 1996). Dentre eles, os nutrientes nitrogenados, fósforo e carbono são essenciais às comunidades bióticas, sendo fatores limitantes ao crescimento biológico e ao funcionamento fisiológico. O fluxo de elementos varia em escala temporal, de acordo com as estações do ano, ocorrendo maior entrada alóctone¹ no período chuvoso, em razão do maior escoamento superficial. Com maior concentração de nutrientes ocorre maior produção autóctone, já que a produção primária é aumentada.

O rio Paraíba do Sul possui grande importância econômica, sendo principal fonte de água para o abastecimento de muitas cidades, principalmente as da região metropolitana do Rio de Janeiro. Apesar de toda essa importância, esse rio vem sofrendo

¹ Termo composto originário do grego: *allos* (outros) + *khton* (terra). Significa aquilo que não tem suas origens no lugar onde existe. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>

com o lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, desmatamento de áreas marginais e aporte de nutrientes oriundos de atividades agropecuárias próximas às margens, alterando drasticamente sua hidrologia e hidroquímica.

O estudo visa avaliar a sazonalidade hidroquímica fluvial e a dinâmica de nutrientes na saída da bacia do RPS durante os anos de 2008 e 2009, identificando seus principais fatores controladores. Além disso, os resultados obtidos entregarão uma séria de dados obtidos desde 1994 pelo Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Materiais e métodos

Área de Estudo

A bacia do rio Paraíba do Sul (Figura1) está situada entre os paralelos de 20°26' e 23°38' e os meridianos de 41°00' e 46°30', apresentando área aproximada de 57.300 km² e uma extensão de 1.150 km. O rio Paraíba do Sul (Figura 2) percorre os estados de maior desenvolvimento industrial no Brasil: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. A população total na bacia atinge a cerca de 5 milhões de habitantes, sendo que o rio Paraíba do Sul abastece um total de 13 milhões de pessoas, somando a população metropolitana do Rio de Janeiro que é abastecida por meio da transposição de aproximadamente 160 m³/s de suas águas para o sistema do rio Guandu. A cobertura vegetal da bacia atualmente é composta de 70% de áreas de pastagens, 27% de culturas e áreas de reflorestamento e apenas 3% de mata nativa. A bacia do rio Paraíba do Sul possui cerca de 6000 propriedades rurais e 8500 indústrias. As maiores indústrias da bacia se concentram no Alto Paraíba (São José dos Campos, Jacareí) Médio Paraíba (entre Rezende e Volta Redonda) e nas sub-bacias dos rios Paraibuna e Pomba, principalmente nos setores metalúrgico, químico, alimentício e papel. Por outro lado, a agricultura extensiva tem o seu foco no Baixo Paraíba, notadamente na Baixada Campista e áreas inundáveis dos rios Muriaé e Pomba, com o cultivo irrigado de cana-de-açúcar, arroz, feijão e milho. Os reservatórios e usinas hidrelétricas em toda bacia somam 47 unidades de dimensões bem heterogêneas (MME-DNAEE, 1995).

Na planície costeira que se segue (a uma altitude inferior a 20 m), a declividade é quase nula, surgem inúmeros meandros, apresentando ilhas e margens periodicamente alagadas nos períodos de maior vazão, além de formações arenosas com a proximidade da costa. Um delta em forma de cuspide e caracterizado pelo desenvolvimento de cristas de praia, como descrito por Costa (1994), encerra a região descrita.



Figura 1: Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

Fonte: CBH-PS, 2010



Figura 2: Rio Paraíba do Sul, Campos dos Goytacazes, RJ, com a indicação da ponte Barcelos Martins

Fonte: Elaboração própria a partir das bases cartográficas do IBGE.

Amostragem

As coletas de amostras de água fluvial foram conduzidas quinzenalmente na saída da bacia de drenagem do rio Paraíba do Sul, em Campos dos Goytacazes (RJ), em um ponto fixo sob a ponte Barcelos Martins, no centro da cidade (Figura 3). Para estimativa da vazão instantânea, a seção do rio é dividida em 3 subseções com diferentes profundidades, segundo batimetria feita em 1994 e refeita em 1999 e 2000 sem alterações relevantes. Em cada uma delas foram medidas a profundidade e a velocidade da corrente. A soma das medidas em cada subseção fornece a vazão instantânea no momento da coleta.

A coleta de água foi realizada na seção central do rio utilizando um amostrador de metal acoplado com uma garrafa de vidro âmbar de 5L, que permite a obtenção de amostras integradas da coluna d'água. As amostras foram transferidas para um frasco plástico de 2 L, e uma garrafa âmbar de 500 mL, previamente lavada com solução sulfocrômica, e acondicionadas em gelo para transporte. No campo foram medidos temperatura, condutividade elétrica e pH da amostra de água com equipamentos portáteis (Digimed e WTW). Além disso, três alíquotas de água foram fixadas para determinação de oxigênio dissolvido através do método Winkler. No laboratório, a alcalinidade total foi medida utilizando-se titulador automático (Mettler DL 21), e subamostras filtradas através de membranas GF/F e estocadas em freezer para determinação de compostos de nitrogênio e fósforo (CARMOUZE, 1994). Os filtros GF/F foram congelados, acondicionadas em papel-alumínio, para a determinação de clorofila a e feopigmentos (NUSCH; PALME, 1975). As amostras fixadas para oxigênio dissolvido foram tituladas com solução de tiosulfato de sódio (GOLTERMAN et al., 1978). O MPS foi determinado por gravimetria após filtração (Millipore, 0,45µm de poro). Para maior confiabilidade dos métodos, foram usadas amostras em duplicatas ou triplicatas. As determinações das concentrações de NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} foram realizadas em cromatógrafo de íons Metrhom 861 e 844, seguindo metodologia específica.

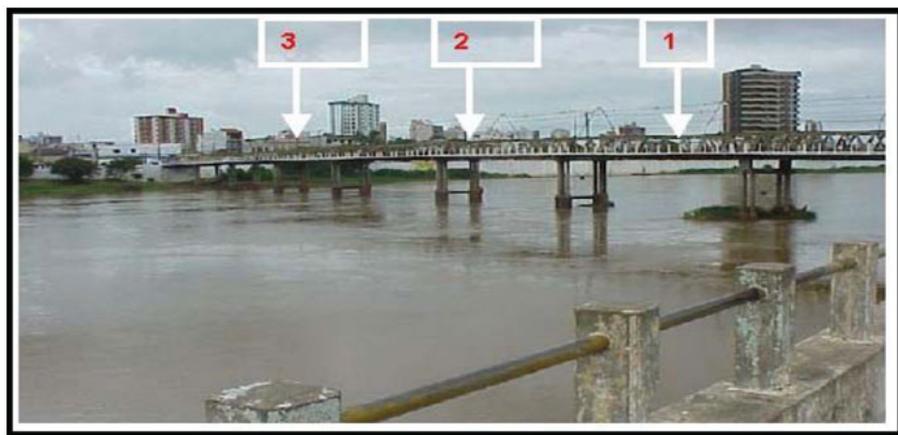


Figura 3: Ponte João Barcelos Martins (local de coleta)

Resultados e Discussão

A Tabela 1 lista o número de observações, os valores mínimos, os valores máximos, a média e as unidades dos parâmetros estudados.

Tabela 1: Número de observações (n), valores mínimos, valores máximos, média e unidades

Parâmetro	n	Mínima	Máxima	Média	Unidades
Vazão	21	320,5	2688	1190	m ³ /s
Temperatura	21	10,4	26,5	22,5	°C
Condutividade	21	59,7	109	72,5	µS/cm
Alcalinidade	21	0,29	0,71	0,4	meq/L
Clorofila	21	0,3	4,1	1,3	mg/L
pH	21	6,82	7,55	7,2	*
OD	21	6,73	14,9	9,2	mg/L
MPS	21	21	104	62	mg/L
Nitrito	21	0,06	0,45	0,25	µM
Nitrato	21	17	50	38,6	µM
Fosfato	21	0,23	1,5	0,55	µM

A vazão apresentou maiores valores no período chuvoso (Figura 4), entre os meses de dezembro e março, com o maior valor observado em fevereiro (2688 m³/s), devido à maior precipitação pluviométrica nessa época do ano.

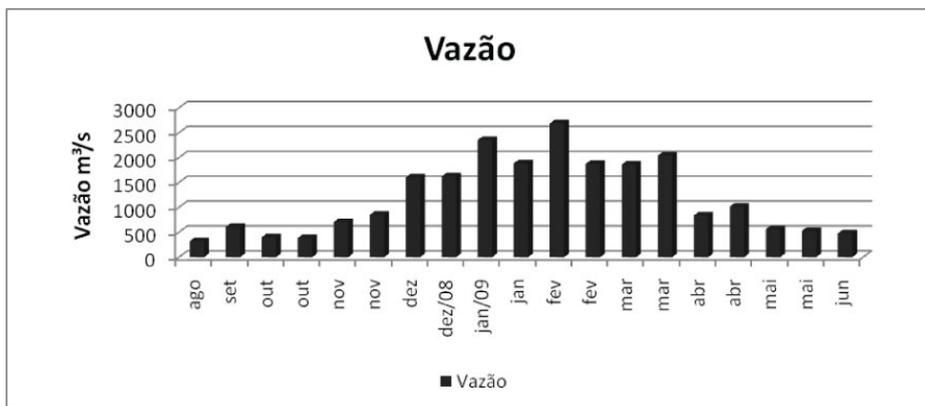


Figura 4: Vazão do Rio Paraíba do Sul entre agosto de 2008 e junho de 2009

Os valores de material particulado em suspensão (MPS) também foram maiores na época de cheia (Figura 5A), com valores superiores em janeiro e fevereiro (102 e 104 mg/L). O alto índice de precipitação nessa época provoca o aumento do escoamento superficial e da lixiviação², além disso, com o aumento do volume de água ocorre a remobilização do sedimento de fundo (UNCLES et al., 1998) e o carregamento de partículas das ilhas alagáveis e das margens. O aumento do MPS na coluna d'água faz com que a penetração de luz seja menor, o que diminui a produtividade primária e consequentemente as concentrações de clorofila a (Figura 5B). As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram menores valores nas vazões mais altas, isso se deve à diminuição da produtividade primária e ao aumento da deposição de matéria orgânica alóctone nesse período (Figura 5C).

² Lixiviação: é o processo de extração de uma substância presente em componentes sólidos através da sua dissolução num líquido. É um termo utilizado em vários campos da ciência, tal como a geologia, ciências do solo, metalurgia e química. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>.

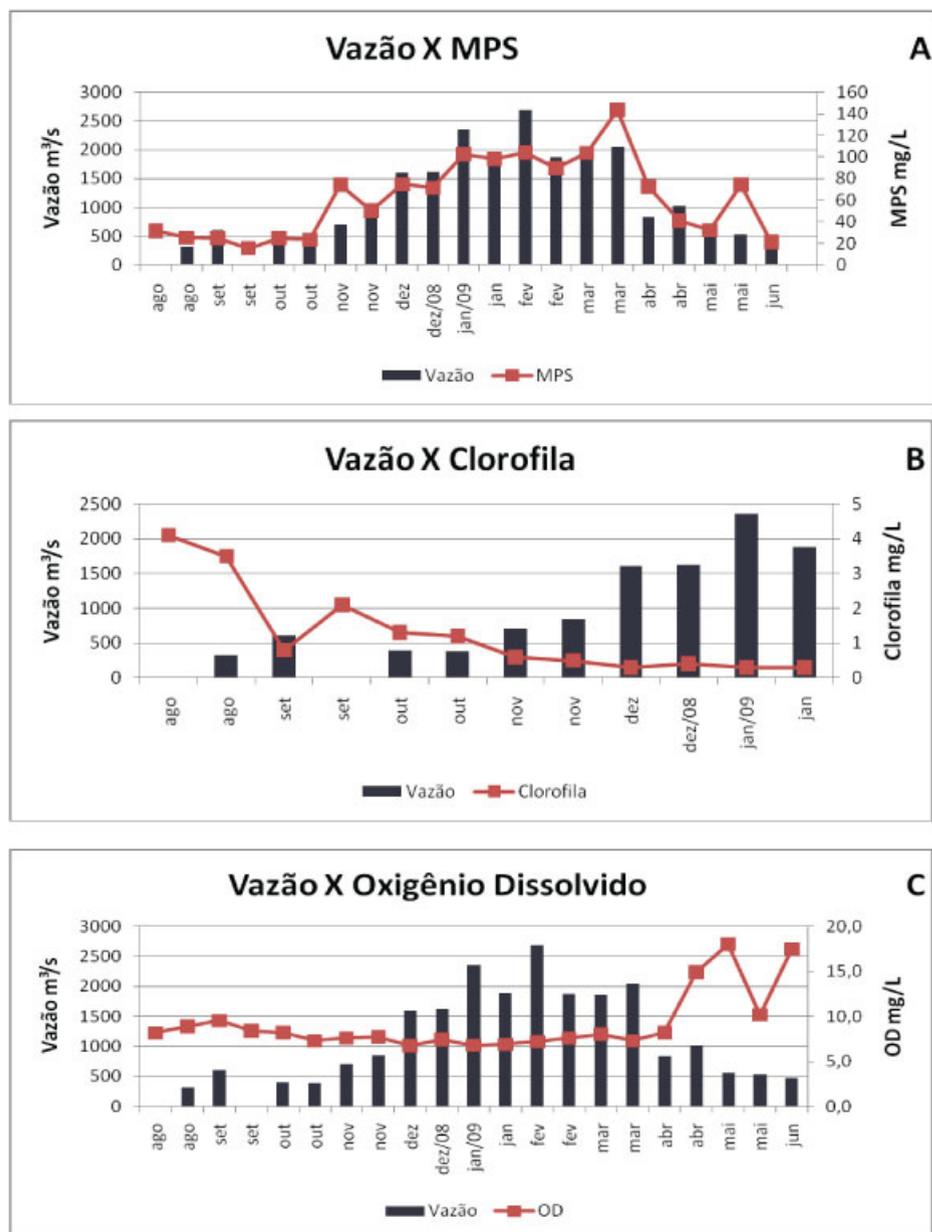


Figura 5: Valores de MPS, clorofila e oxigênio dissolvido relacionados com os valores de vazão

A diminuição da produtividade primária juntamente com a decomposição da matéria orgânica alóctone acarreta um maior consumo de oxigênio e maior liberação de gás carbônico, que reage com a água formando íons carbonato (HCO_3^-) e hidrogênio (H^+), por isso no período de maior vazão os valores de pH foram um pouco menores do que quando comparados ao período de menor vazão (Figura 6A). Os valores de condutividade elétrica foram inversamente proporcionais aos valores de vazão (Figura 6B), sendo maiores no período de seca, e menores no período de cheia, chegando à taxa de $109 \mu\text{S}/\text{cm}$. Esta relação se explica pela maior concentração de íons no período em que o rio tem menos água, de modo que quando a vazão é maior ocorre diluição desses íons, diminuindo a capacidade de condução da água. A alcalinidade apresentou maiores valores no período de menor vazão (Figura 6C), quando a concentração de íons carbonato (HCO_3^-) é maior. Nos períodos de maior vazão a alcalinidade foi menor, pois esses íons estavam sujeitos a maior diluição. No fim do período do estudo realizado, houve um aumento considerável da alcalinidade, acompanhando o padrão dos últimos anos. Esse aumento se deve ao despejo de efluentes domésticos e industriais no rio.

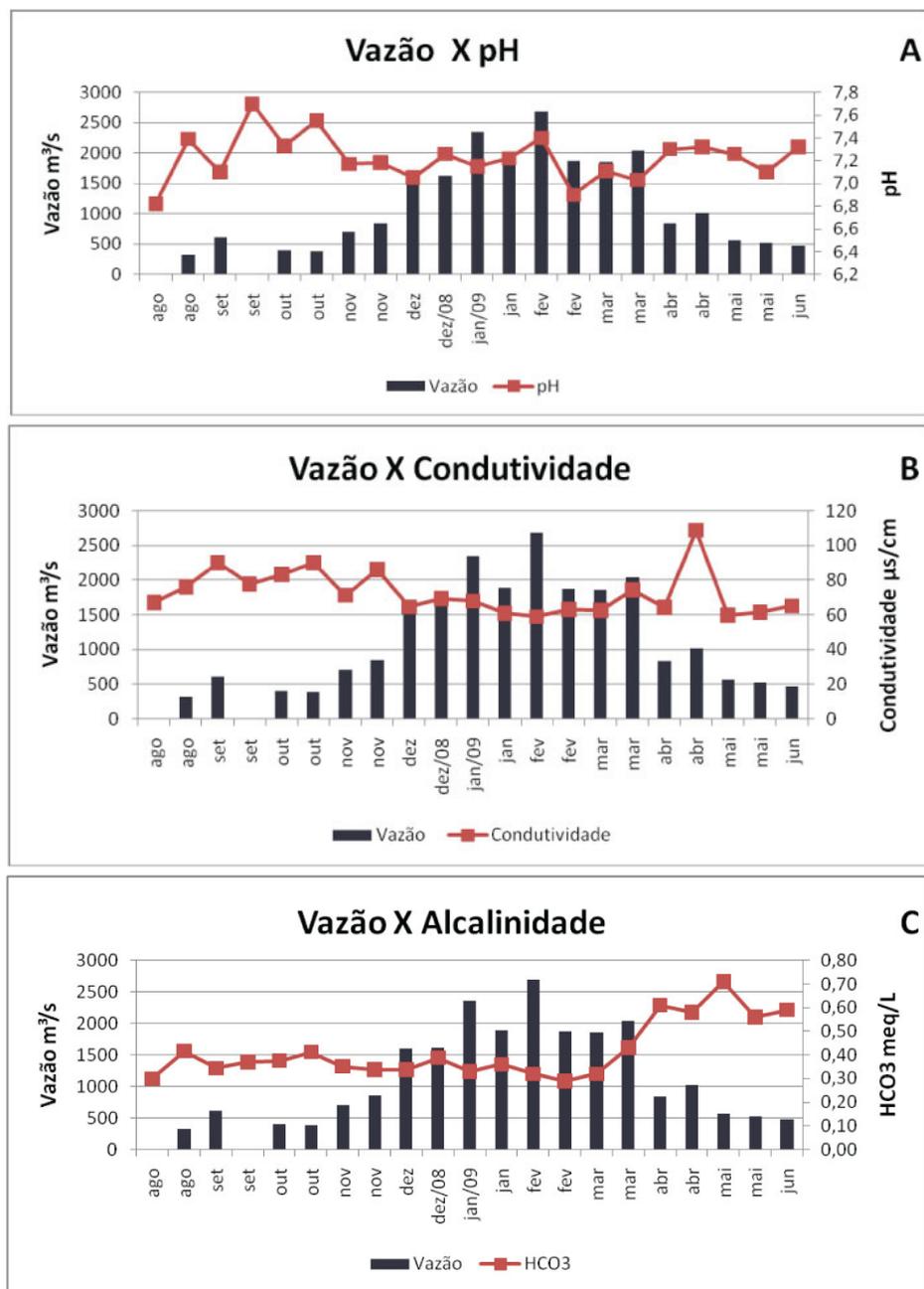


Figura 6: Valores de pH, condutividade e alcalinidade relacionados com os valores de vazão

A temperatura variou entre 10,5°C, marcada em novembro; e 26,5°C, marcada em fevereiro (Figura 7).

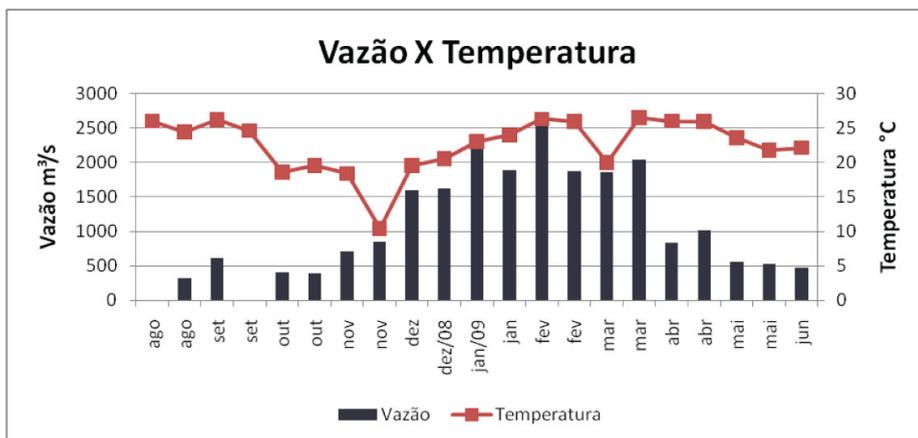


Figura 7: Variação da temperatura relacionada com a vazão do rio Paraíba do Sul

As formas reduzidas de nitrogênio e fósforo encontradas no RPS são provenientes do escoamento superficial que promove as lavagens das ilhas fluviais e das áreas marginais e também do despejo de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, principalmente das plantações de cana-de-açúcar, muito comuns na região. Todos esses fatores aumentam as concentrações de nitrito, nitrato e fosfato no rio.

Durante o período de seca, as concentrações de nitrato apresentaram um aumento significativo (Figura 8A), de acordo com alguns estudos, a maior fonte de nitrato para o rio é de origem antropogênica, durante o período de cheia essas fontes são minimizadas por causa da maior diluição. A maior concentração de nitrato deve-se ao fato desse nutriente ser preterido pelos produtores primários, que preferem consumir formas mais reduzidas de nitrogênio, como o nitrito.

Os valores de nitrito e fosfato (Figuras 8B e 8C) apresentaram padrão semelhante, com um pequeno aumento nas menores vazões. Entretanto, esse padrão vai contra o encontrado no rio Paraíba do Sul, onde os valores de nitrito e fosfato são maiores quando a vazão é maior. Isso se deve provavelmente à ação antrópica, com o despejo de esgoto e de dejetos agrícolas e industriais. De acordo com Chester (1990), a disponibilidade de fosfato é condicionada pelo consumo dos produtores primários, por isso, quando a produtividade primária é alta (pouco material particulado em suspensão e maior produção de oxigênio), o consumo do fosfato é maior e apresenta menor concentração.

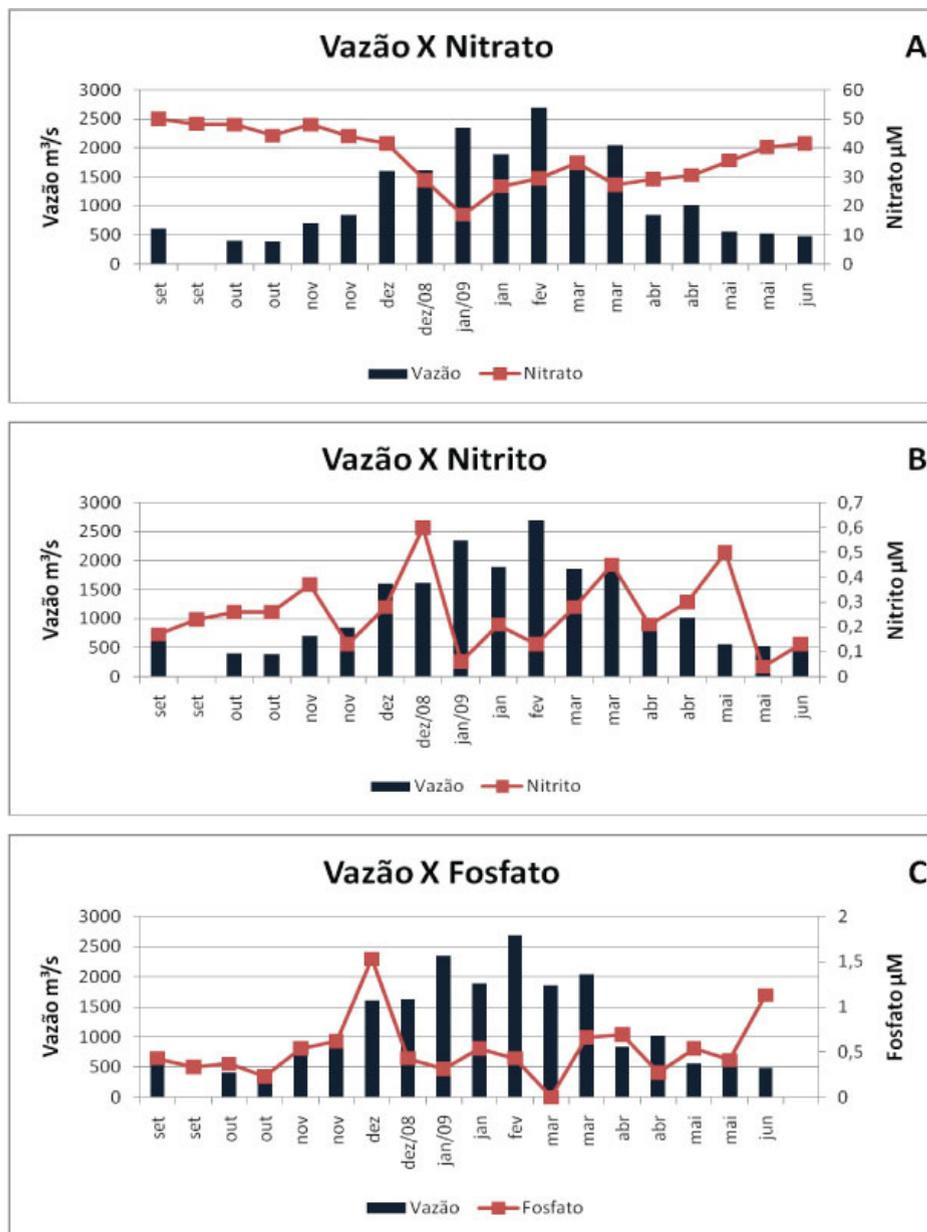


Figura 8: Concentrações de nitrato, nitrito e fosfato relacionadas com os valores de vazão

Conclusão

Os parâmetros avaliados estão altamente relacionados e demonstram o padrão de funcionamento desse ecossistema. A vazão do rio aparece como principal fator controlador da diferença de concentração dos nutrientes e dos valores dos parâmetros físico-químicos encontrados. O acompanhamento do aporte de nutrientes carreados através da calha fluvial até o mar possui grande relevância, uma vez que ele pode agir sobre a produtividade marinha próxima à foz, influenciando inclusive a atividade pesqueira local. A continuidade de séries amostrais de longo prazo pode fornecer dados substanciais relacionados a alterações de vazão e de outros parâmetros no fluxo anual dos rios em resposta a fenômenos climáticos globais, como *El Niño* e *La Niña*. Ressalta-se que o RPS se apresenta como um modelo de estudo apropriado ao caso.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br>>. Acesso em: out. 2010.

BERNER, E.K.; BERNER, R.A. Global environment: water, air and geochemical cycles. New York: Prentice Hall, 1996. 376p.

CARMOUZE, J.P. O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos: Fundamentos Teóricos, Métodos de Estudo e Análises Químicas. São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 254p.

CHESTER, R. The Transport of Material to the oceans: the river pathway. Marine Geochemistry, 1990.

COMITÊ DAS BACIAS HIGROGRÁFICAS DO RIO PARAÍBA DO SUL. Disponível em: <<http://www.comiteps.sp.gov.br/>>. Acesso em: out. 2010.

COSTA, G. Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do rio Paraíba do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - UFRJ, 1994. 97p.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

GOLTERMAN, H.L.; CLIMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwaters. Oxford: Blackwell, 1978. 315 p. (Handbook 8, IBP).

KRUGER, G. C. T.; CARVALHO, C. E. V.; SUZUKI, M. S. Dissolved nutrient, Chlorophyll a and DOC Dynamic Under Distinct Riverine Discharges and Tidal Cycles Regimes at

the Paraíba do Sul River Estuary, RJ, Brazil. Journal of Coastal Research, SI 39, p. 724 – 730, 2006. In: INTERNATIONAL COASTAL SYMPOSIUM, 8., 2006, Itajaí, SC, Brazil. Proceedings...

MME-DNAEE. Cooperação Brasil-França. Projeto Paraíba do Sul – Fase B: implantação da Agência Técnica e Diagnóstico da Bacia. 1995. 156p.

PEZZINI, A. J. Caracterização da variação sazonal do transporte de materiais dissolvidos na saída da bacia do rio Paraíba do Sul, Campos dos Goytacazes, RJ, 2004

REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas Doces do Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação. 2ª ed. São Paulo: Escrituras, 2002. 709p.

SILVA, Mônica Aparecida Leite et al. Dissolved Nitrogen and Phosphorus Dynamics in the Lower Portion of the Paraíba do Sul River, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. Braz. arch. biol. technol., Curitiba, v. 44, n. 4, dec. 2001.

SOUZA, J. S. Varição sazonal da hidroquímica na saída da bacia do rio Paraíba do Sul, Campos dos Goytacazes, RJ ao longo de 2005.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.; RICH, T.; TAOLI, F. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 568

UNCLES, R.J.; EASTON, A.E.; GRIFFITHS, M.C.; HARRIS, C.; HOWLAND, R.J.M.; JOINT, I.; KING, R.S.; MORRIS, A.W.; PLUMMER, D.H. Concentrations of suspended chlorophyll in the tidal Yorkshire Ouse and Humber Estuary. The Science of the Total Environment, v. 210/211, p. 367-375, 1998.