

DINÂMICA DE NUTRIENTES NA REGIÃO PORTUÁRIA DO ESTUÁRIO DO RIO ITAJAÍ-AÇU, SC

J. PEREIRA FILHO¹, L. C. SPILLERE & C. A. F. SCHETTINI
CTT Mar – Universidade do Vale do Itajaí

Rua Uruguai, 458 – Centro – Caixa Postal – 360 Cep 88302-202 – Itajaí – Santa Catarina

¹jura@cttmar.univali.br

RESUMO

Este trabalho mostra os resultados de amostragens quinzenais realizadas ao longo de 16 meses em 2 estações de coleta na região portuária do estuário do rio Itajaí-Açu: uma a montante e outra a jusante da mesma. Amostras de água foram obtidas em superfície e fundo, para determinação da salinidade e dos nutrientes (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Si e PO_4^{3-}). A salinidade apresentou média de $16,7 \pm 12$; o NID (nitrogênio inorgânico dissolvido) de $38,3 \mu\text{M} \pm 21,6$; o PO_4 de $0,69 \mu\text{M} \pm 0,3$ e o Si de $63,1 \mu\text{M} \pm 37,8$. As médias dos nutrientes foram muito próximas em ambas as estações, não havendo diferença estatística significativa, mostrando que para a maioria dos casos não há influência direta da atividade portuária na dinâmica dos nutrientes. Para o NH_4^+ , mesmo não havendo diferença significativa, a estação 2 mostrou tendência de apresentar valores mais altos que a estação 1, o que pode estar associado a atividades antrópicas às suas margens. Em períodos de alta descarga fluvial todo estuário é dominado por água de origem continental, mostrando a importância da influência da descarga fluvial sobre os processos estuarinos.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrientes, Eutrofização, Estuário.

ABSTRACT

Nutrient Dynamics in the Region of Itajaí Harbour, SC

This paper shows the results from sampling surveys that were carried out fortnightly in two sampling stations in the region of the Itajaí Harbour, Itajaí-SC, from Jan-00 to April-01 up-stream and downstream the harbour. On each survey, samples of surface and bottom water were collected to determine the salinity and the nutrient concentrations. The salinity showed mean of $16,7 \pm 12$; the DIN (dissolved inorganic nitrogen) of $38,3 \mu\text{M} \pm 21,6$; the PO_4^{3-} of $0,69 \mu\text{M} \pm 0,3$ and Si of $63,1 \mu\text{M} \pm 37,8$. The main factor that determined the estuarine processes was the river discharge. An inverse relationship between $[\text{NH}_4^+]$ and river discharge was observed, suggesting that this nutrient is related to anthropogenic inputs. During peaks of river discharge the estuary was dominated by freshwater. There was no statistical difference between the sampling stations.

KEYWORDS: Nutrients, Eutrophication, Estuary.

1 – INTRODUÇÃO

Os estuários são ecossistemas de elevada importância biológica e sócio-econômica. A sua abundante e diversificada comunidade e capacidade de renovação periódica de suas águas faz destes ecossistemas, locais onde ocorrem intensas transformações da matéria orgânica, representando um importante elo de ligação entre os ecossistemas fluvial e marinho. Além disso, cerca de 2/3 das grandes cidades estão localizadas em estuários e regiões adjacentes, devido à facilidade de construção de portos, marinas, indústrias de pescado, etc.

Os sistemas estuarinos são os principais fornecedores de nutrientes para região costeira, pois recebem e concentram o material originado de sua bacia de drenagem e podem vir a receber aportes significativos por ação antrópica. Todo esse aporte de nutrientes (matéria prima imprescindível para a produção primária) coloca os estuários entre os sistemas mais produtivos do mundo, com altas taxas de produção primária e teores de biomassa autótrofa e heterótrofa (Braga *et al.* 2000, Pereira Filho *et al.* 2001).

Esta entrada de nutrientes é intensificada em estuários situados em regiões de elevada concentração populacional, em função do aporte de efluentes domésticos e industriais e do escoamento urbano, além de efluentes agrícolas. O aumento da concentração de nutrientes nas águas estuarinas e costeiras provoca diversas modificações no meio, podendo produzir um aumento da produtividade (Nixon 1992) e rendimento pesqueiro (Cederwall & Elmgren 1980, Nixon 1982; Nixon *et al.* 1986). Entretanto, a entrada de origem antrópica freqüentemente se torna muito grande e pode provocar a eutrofização excessiva no meio, particularmente em ambientes de circulação restrita. Várias alterações nas características químicas e na qualidade da água destes corpos d'água também têm sido registradas, como resultado da alteração dos fluxos biogeoquímicos, com várias conseqüências ecológicas, como a alteração da composição de espécies (Beukema 1991), aumento de blooms fitoplanctônicos e diminuição dos níveis de oxigênio (Parker & O'Reilly 1991, Pennock *et al.* 1994). Diversos estudos têm sido feitos relacionando as alterações do meio em função do aporte de nutrientes e matéria orgânica (Berounsky & Nixon 1995, Innamorati & Giovanardi 1990, Kimor 1990, Carmouze & Vasconcelos 1992). Alguns vêm tentando quantificar tais entradas e os efeitos associados a estes fluxos (Sanders *et al.* 1997, Simpson *et al.* 1997, Staver *et al.* 1996, entre outros). Vários têm sido os métodos utilizados para a determinação dos fluxos, incluindo a análise de curvas de salinidade/nutrientes (Hydes & Liss 1977, Billen *et al.* 1985), o cálculo de fluxos médios (Lebo & Sharp 1994, Sanders *et al.* 1997) e a elaboração de balanços químicos de massa (Lebo & Sharp 1994).

Niencheski & Windom (1994), a partir de um balanço de massa no estuário da Lagoa dos Patos, uma região ocupada por uma refinaria de petróleo e indústrias de fertilizantes, entre outras, demonstraram que o aporte antropogênico associado a estas instalações foi o principal responsável pelas altas concentrações de nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvido na região.

Pereira Filho & Schettini (2000), a partir da determinação dos fluxos de entrada e saída de nutrientes no estuário do Rio Camboriú, no estado de Santa Catarina, concluíram que para explicar a discrepância entre estes fluxos, um grande aporte origem antrópica seria necessário. Este aporte poderia estar associado à entrada direta de esgotos clandestinos e do efluente da estação de tratamento de esgotos do município, que desemboca no estuário. O tratamento realizado na estação, como na maior parte do Brasil, limita-se aos níveis primário e secundário, onde são removidas apenas a matéria orgânica e as bactérias entéricas. A matéria orgânica é convertida em nutrientes, de modo que o efluente da estação apresenta elevada concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos.

A capacidade de renovação das águas estuarinas e a assimilação de substâncias estranhas a ele dependem de uma série de condições de natureza física, biológica, geológica e química que interagem entre si de forma complexa (Miranda 1984). Para se evitar a degradação destes corpos d'água é fundamental que as interferências externas, como efluentes domésticos e industriais, sejam quantificadas e minimizadas.

Este trabalho visa avaliar a dinâmica de nutrientes inorgânicos dissolvidos na região portuária do estuário do Rio Itajaí-Açú, um dos mais importantes estuários do litoral catarinense.

Área de Estudo

O Rio Itajaí-açu é o maior escoadouro do estado de Santa Catarina, drenando uma área de 15.500 km². A região está cercada por problemas decorrentes da falta de planejamento. Sua bacia de drenagem é marcada pela presença de algumas das principais cidades do estado, como Blumenau, Brusque e Itajaí. Estas cidades representam um importante pólo industrial no estado de Santa Catarina, com destaque para a indústria têxtil, além de concentrar grande contingente populacional. Todos os municípios da bacia de drenagem do Rio Itajaí não possuem sistema de coleta e tratamento dos esgotos domésticos.

O estuário está localizado em uma planície costeira, apresentando morfologia similar a um rio meandrante (Schettini 2002). Ele apresenta elevada turbidez na maior parte do tempo, de modo que a penetração da luz é restrita aos primeiros centímetros de sua coluna d'água. Dados preliminares de produtividade primária sugerem que este processo é de pouca importância na remoção dos nutrientes no interior do estuário, em função de seu baixo valor (Pereira Filho *et al.* em preparo). Seu regime hidrológico, determinado principalmente pelo aporte fluvial do Rio Itajaí-Açú, é muito variável ao longo do tempo, sazonal e interanualmente. Sua descarga média, medida em Indaial, cerca de 90 km a montante da barra, é de 228 m³.s⁻¹, variando de 17 a 5390 m³.s⁻¹. O estuário do Rio Itajaí-Açú é classificado como do tipo cunha salina (Schettini 1996). O principal agente determinante dos processos estuarinos é a descarga fluvial, de modo que as variações de nível devido às marés têm um papel secundário. A altura média da maré astronômica regional, classificada como predominantemente semidiurna, é de 0,8 m, variando de 0,4 m na quadratura e 1,2 m na sizígia (Schettini *et al.* 1998).

O Porto de Itajaí está localizado no município de mesmo nome, situado na porção terminal do estuário (Fig. 1). O porto é um dos principais do sul do Brasil, representando o maior pólo de desembarque pesqueiro nacional. Associadas a este desembarque, várias indústrias de processamento de pescado estão instaladas às margens do estuário, principalmente no município de Itajaí. Este tipo de indústria lança seus dejetos, em geral isento de qualquer forma de tratamento, diretamente no estuário (Caruso 1999). A região portuária é constantemente dragada para a manutenção do canal de navegação na cota de 11 m. A dragagem é feita com a utilização de uma draga que trabalha através de sistema de injeção de água, que promove a fluidização dos sedimentos finos que constituem o fundo (Schettini 2002).

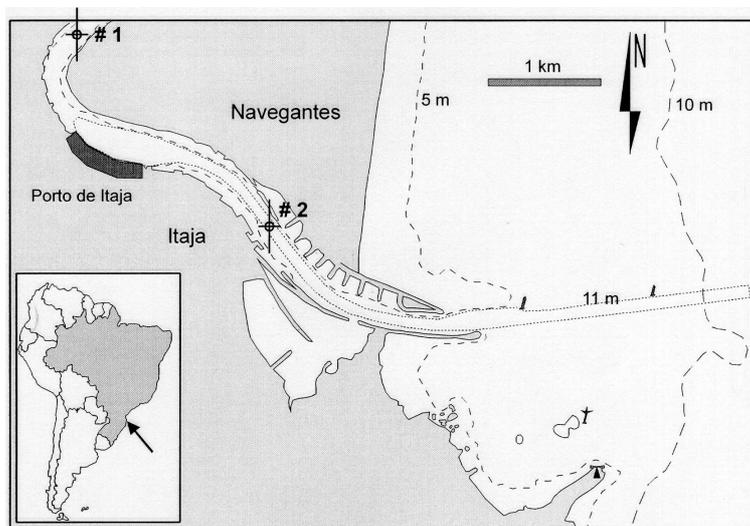


FIGURA 1 – Localização do estuário do Rio Itajaí, mostrando as estações de coleta de amostras de água, a montante (#1) e a jusante (#2) da região portuária.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Metodologia de Coleta

Para avaliar a influência da atividade portuária sobre a dinâmica de nutrientes foram realizadas coletas, duas vezes por mês, em duas estações fixas no estuário: uma a montante da região portuária (#1) e outra a jusante (#2) (Fig. 1). Esta amostragem foi realizada de janeiro de 2000 a abril de 2001, totalizando 32 campanhas. As coletas foram realizadas sempre em condições de sizígia (15 campanhas) e quadratura (17 campanhas). Em cada uma destas situações, as amostragens foram feitas nos dois extremos de maré, a baixa-mar e a preamar. Em cada campanha de amostragem foram feitas medições do perfil de salinidade com a utilização de um CTD Sensordata, na maré alta e na maré baixa. Foram coletadas também amostras de água de superfície e fundo, com a utilização de garrafa do tipo Van Dorn. Estas amostras foram mantidas conservadas em gelo até o seu processamento em laboratório, onde elas foram filtradas (filtros Whatman GF-F), divididas em alíquotas e congeladas para posterior análise.

Metodologia de Análise

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Si e PO_4^{3-}) foram determinados a partir do material filtrado, segundo métodos colorimétricos clássicos, adaptados de Strickland & Parsons (1972). A partir dos valores dos nutrientes nitrogenados, foi calculado o NID (nitrogênio inorgânico dissolvido), o qual corresponde à soma de NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- .

Foram realizados testes estatísticos (teste t de Student para diferença de médias) para se determinar se havia diferença estatística entre as concentrações de nutrientes obtidas nas amostras, em cada estação, na baixamar e preamar. Como não foi obtida diferença significativa entre os valores obtidos, foram utilizados valores médios diários (incluindo preamar e baixamar) para comparação da estação 1 com a estação 2, em situação de quadratura e de sizígia. Os testes foram feitos para comparação das estações na mesma profundidade e a discussão será centrada nas amostras de superfície obtidas nas duas estações, por sofrerem a influência direta das atividades antropogênicas relacionadas à ocupação das margens do estuário.

Também foi feita uma Análise em Componentes Principais (ACP), utilizando as variáveis (nutrientes, descarga fluvial e salinidade) referentes às amostras de superfície nas estações 1 e 2. A análise foi feita com a utilização do software Matlab[™] utilizando a matriz de dados normalizados.

3 – RESULTADOS

As tabelas 1 e 2 sumarizam os resultados obtidos durante o período de amostragem, correspondente ao período de janeiro de 2000 a abril de 2001.

TABELA 1 – Médias, desvios-padrões, mínimos e máximos dos nutrientes, salinidade e descarga fluvial na maré de sizígia nas estações 1 e 2, em superfície (A) e fundo (B).

(A)	Desc.	Sal.		N-NH ₄ ⁺		N-NID		P-PO ₄ ³⁻		Si	
		#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2
Un.	m ³ /s			μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM
Md	319,9	4,4	7,5	23,9	26,0	50,4	49,5	0,7	0,7	86,8	82,3
Dv.	309,8	4,4	6,4	8,2	6,7	24,9	17,8	0,2	0,3	32,9	26,8
min	79,1	0,0	0,0	8,4	16,3	30,3	30,6	0,4	0,4	17,5	46,4
max	1233,8	12,7	18,7	38,6	38,5	134,4	110,5	1,3	1,8	132,8	124,9
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

(B)	Desc.	Sal.		N-NH ₄ ⁺		N-NID		P-PO ₄ ³⁻		Si	
		#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2
Un.	m ³ /s			μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM
Md	319,9	22,8	25,7	18,8	16,9	32,9	32,6	0,7	0,7	48,6	54,2
Dv.	309,8	9,5	10,0	7,5	6,5	25,1	35,2	0,1	0,3	34,4	42,8
min	79,1	0,0	0,3	7,3	6,5	11,5	9,7	0,5	0,4	8,6	8,3
max	1233,8	33,8	35,1	31,6	29,6	119,6	157,0	1,0	1,5	119,2	134,2
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

TABELA 2 – Médias, Desvios-padrões, mínimos e máximos dos nutrientes, salinidade e descarga fluvial na maré de quadratura nas estações 1 e 2, em superfície (A) e fundo (B).

(A)	Desc.	Sal.		N-NH ₄ ⁺		N-NID		P-PO ₄ ³⁻		Si	
		#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2
Un.	m ³ /s			μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM
Md	221,1	6,8	8,0	27,6	28,6	47,7	46,1	0,8	0,7	83,2	82,5
Dv.	200,7	6,4	6,3	7,6	13,3	7,4	12,4	0,3	0,2	31,3	31,4
min	55,6	0,0	0,1	8,9	8,3	30,7	29,1	0,4	0,4	35,9	2,7
max	824,3	20,1	21,8	40,3	61,0	60,0	81,8	1,3	1,1	156,8	130,9
n	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

(B)	Desc.	Sal.		N-NH ₄ ⁺		N-NID		P-PO ₄ ³⁻		Si	
		#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2
Un.	m ³ /s			μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM
Md	221,1	27,4	30,3	19,3	15,9	27,2	21,3	0,7	0,6	41,6	27,8
Dv.	200,7	8,7	7,0	7,1	6,0	8,4	8,0	0,3	0,3	26,3	25,9
min	55,6	0,0	6,5	9,9	4,7	13,8	7,2	0,2	0,2	11,1	9,4
max	824,3	34,8	35,6	36,4	24,9	41,3	42,8	1,6	1,5	111,7	115,9
n	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

A salinidade variou de 0 a 35,5. Os menores valores foram registrados na superfície. A influência da descarga fluvial sobre a salinidade é bastante nítida. Em períodos de alta descarga fluvial ocorre o predomínio de água doce no estuário e a salinidade diminui. As variações da salinidade e da descarga fluvial, ao longo do período de amostragem, nas situações de sizígia e quadratura, são mostradas na figura 2.

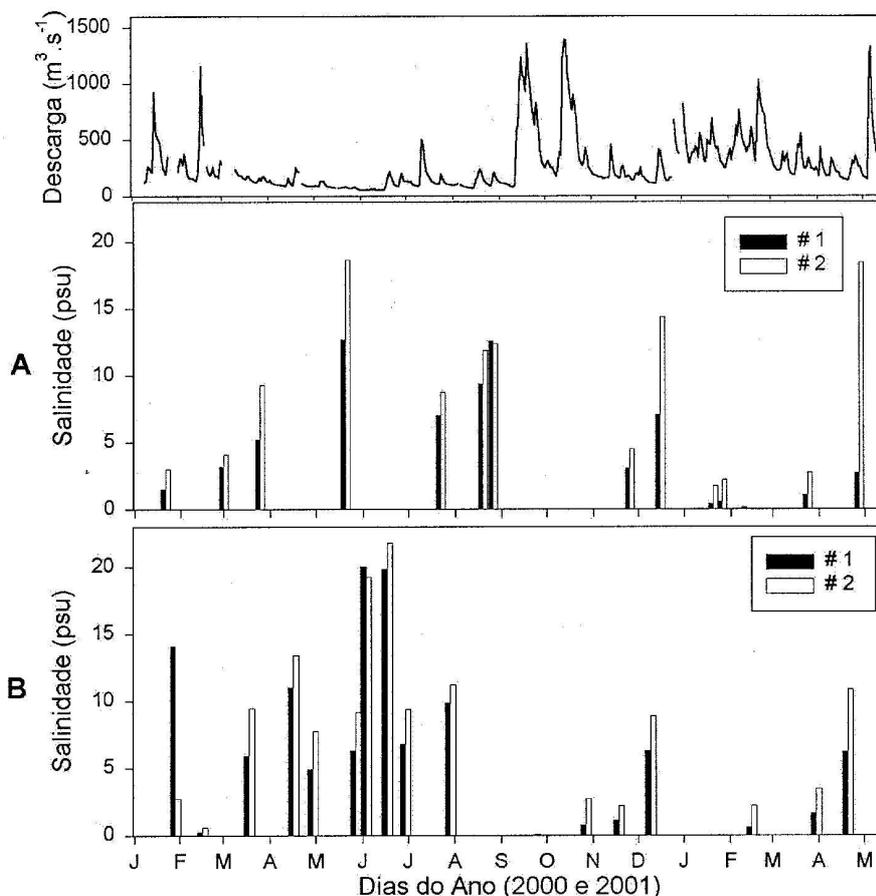


FIGURA 2 – Distribuição da descarga fluvial (m³/s) e salinidade e nas estações 1 e 2 na superfície: (A) maré de sizígia e (B) maré de quadratura.

O Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) variou de $7\mu\text{M}$ a $157\mu\text{M}$. O amônio (NH_4^+), representou 58% do NID e foi o único nutriente que mostrou tendência da estação 2 (jusante ao porto) ter maiores concentrações que a 1 (montante do porto). O Fosfato (PO_4^{3-}) apresentou uma média de $0,69\mu\text{M}$, com um valor mínimo de $0,15\mu\text{M}$ e um máximo de $1,7\mu\text{M}$. Já o silício (Si) apresentou maiores valores na estação 1. A média geral foi de $63,1\mu\text{M}$, variando de $2,6\mu\text{M}$ a $156,8\mu\text{M}$. As variações das concentrações dos nutrientes nas situações de sizígia e quadratura, ao longo dos períodos de amostragem são mostradas nas figuras 3 e 4, respectivamente.

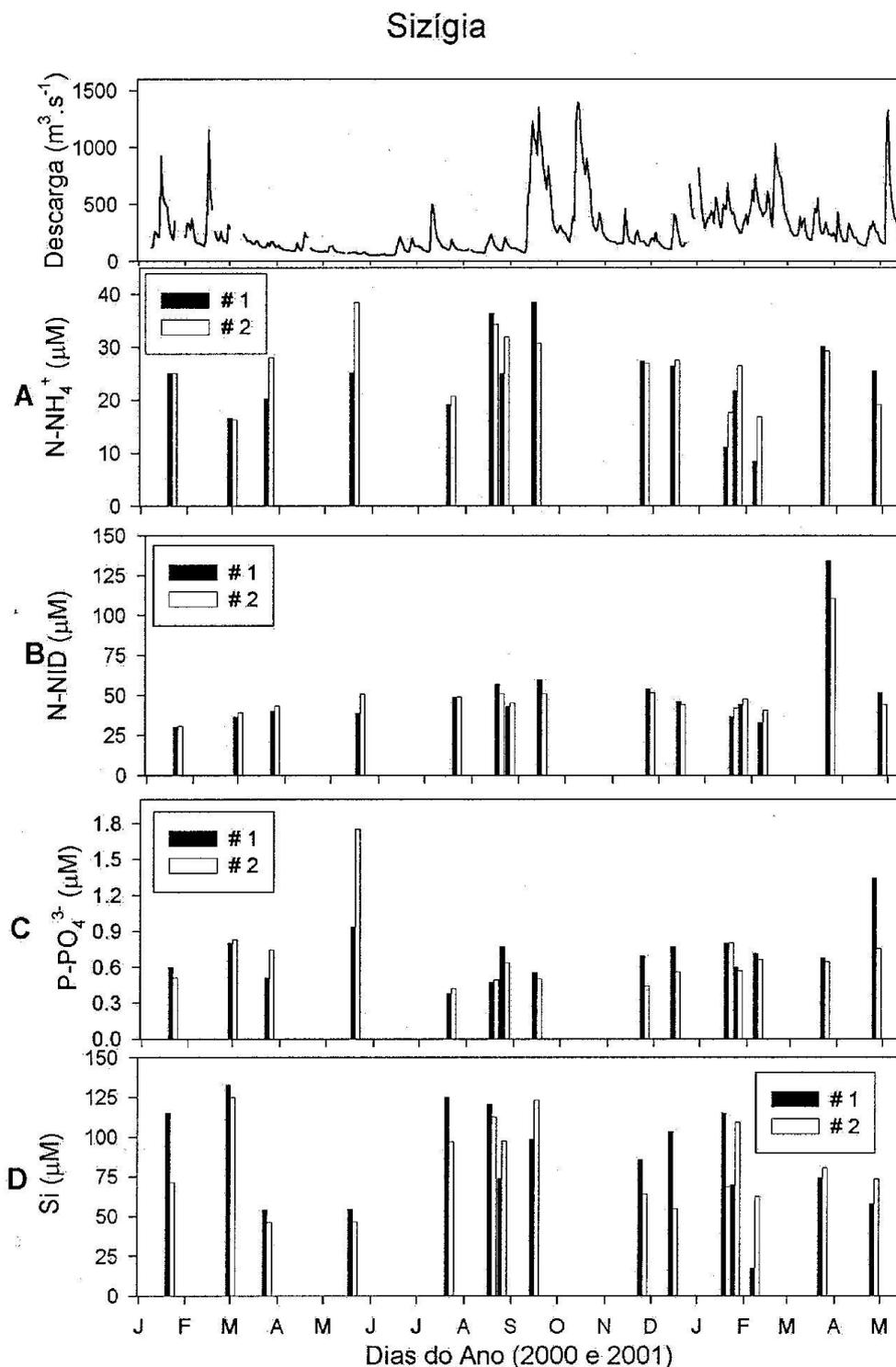


FIGURA 3 – Distribuição da descarga fluvial (m^3/s) e dos nutrientes inorgânicos dissolvidos nas estações 1 e 2, em na superfície nas campanhas realizadas em condição de maré de sizígia. (A) N-NH_4^+ (μM), (B) Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (N-NID), (C) P-PO_4^{3-} (μM) e (D) Si (μM).

Quadratura

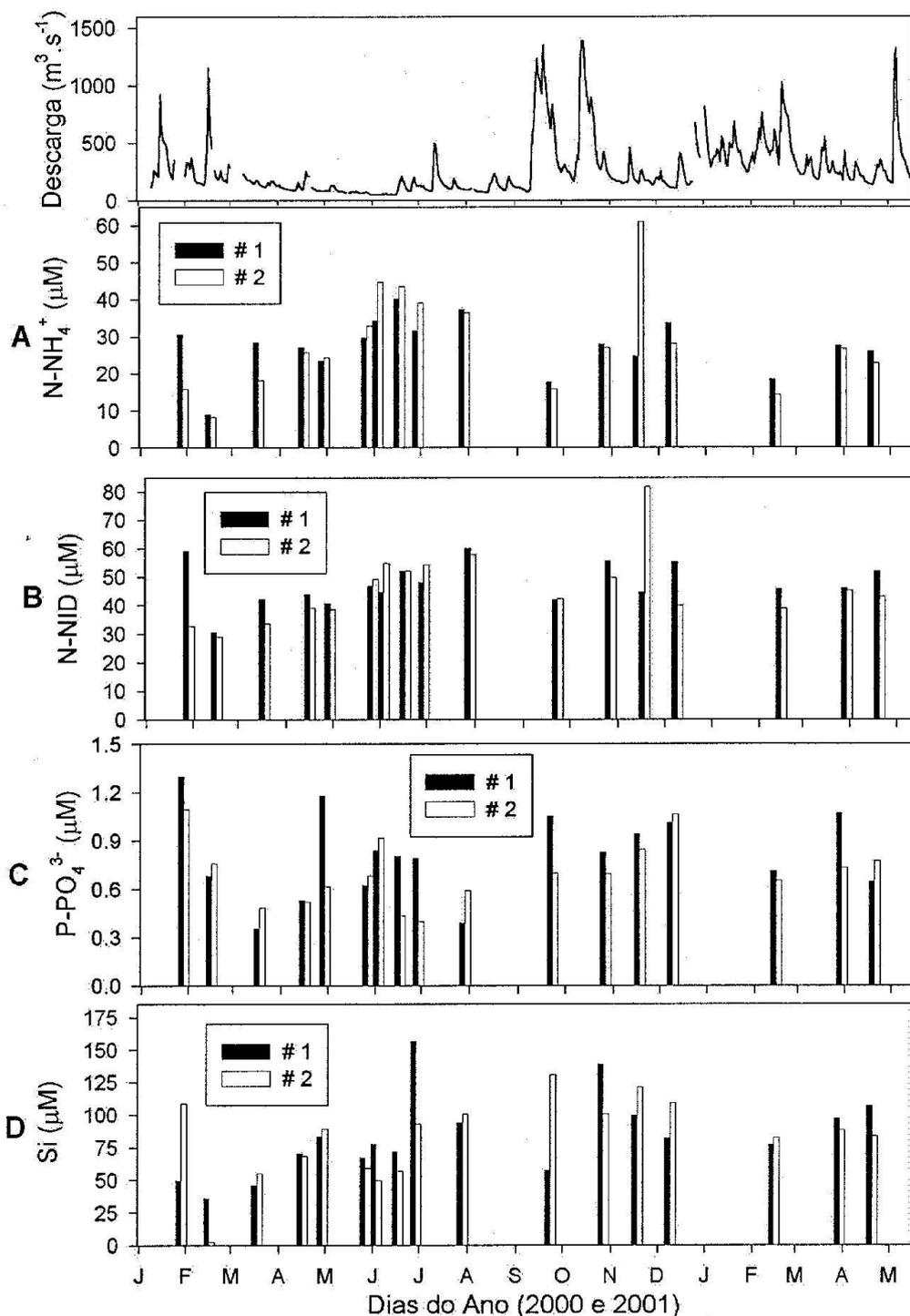


FIGURA 4 – Distribuição da descarga fluvial (superior, m³/s) e dos nutrientes inorgânicos dissolvidos nas estações 1 e 2, em superfície nas campanhas realizadas em condição de maré de quadratura. (A) N-NH₄⁺ (μM), (B) Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (N-NID, μM), (C) P-PO₄³⁻ (μM) e (D) Si (μM).

Em todos os casos não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as estações 1 e 2 ($\alpha = 0,05$), mostrando a tendência das médias serem iguais nas duas estações, para todos os nutrientes, tanto nas marés de quadratura como na de sizígia. Também não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os valores de descarga fluvial nas amostragens realizadas em quadratura e em sizígia. As médias e desvios padrões dos nutrientes, nas situações de sizígia e quadratura são mostradas na figura 5.

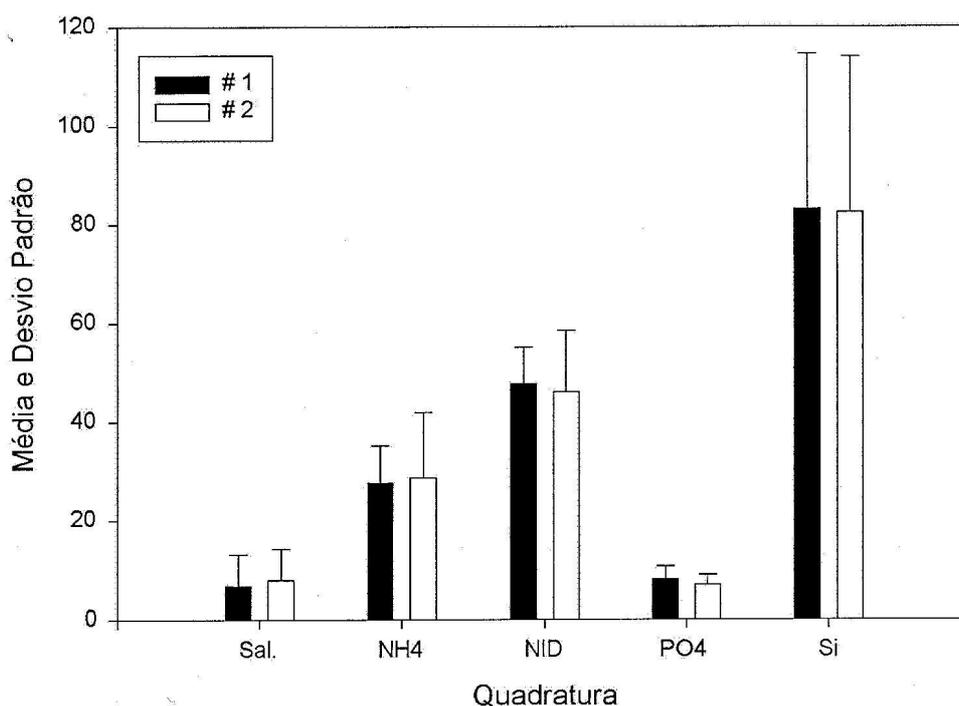
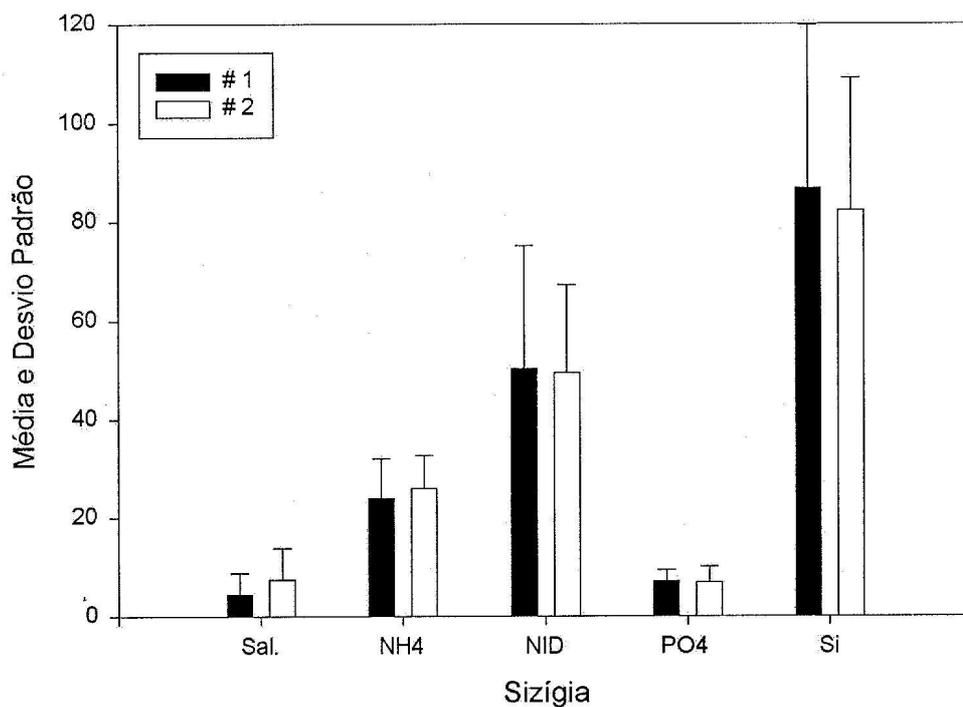


FIGURA 5 – Médias e desvio-padrões da salinidade e nutrientes inorgânicos dissolvidos em cada estação de coleta, em superfície, em condições de maré de sizigia (superior) e quadratura (inferior). Unidades expressas em μM .

A figura 6 mostra o plano fatorial formado pelos fatores 1 e 2, obtidos na Análise em Componentes Principais. Os dois primeiros componentes extraídos desta análise explicam 54% da variância total dos dados. O eixo 1 da ACP foi formado, no seu lado negativo, pela descarga fluvial e pelo NO_3^- . Na extremidade positiva, destacam-se a salinidade e o NH_4^+ e NO_2^- . O eixo 2 foi formado pelo PO_4^{3-} , na extremidade positiva Si, NID e NO_3^- na extremidade negativa. A análise do plano fatorial mostra novamente influência da descarga fluvial sobre a salinidade, situadas em extremidades opostas do plano fatorial. Também é nítida a semelhança entre as estações 1 e 2, fato observado pela proximidade destas estações para cada variável (Fig. 6).

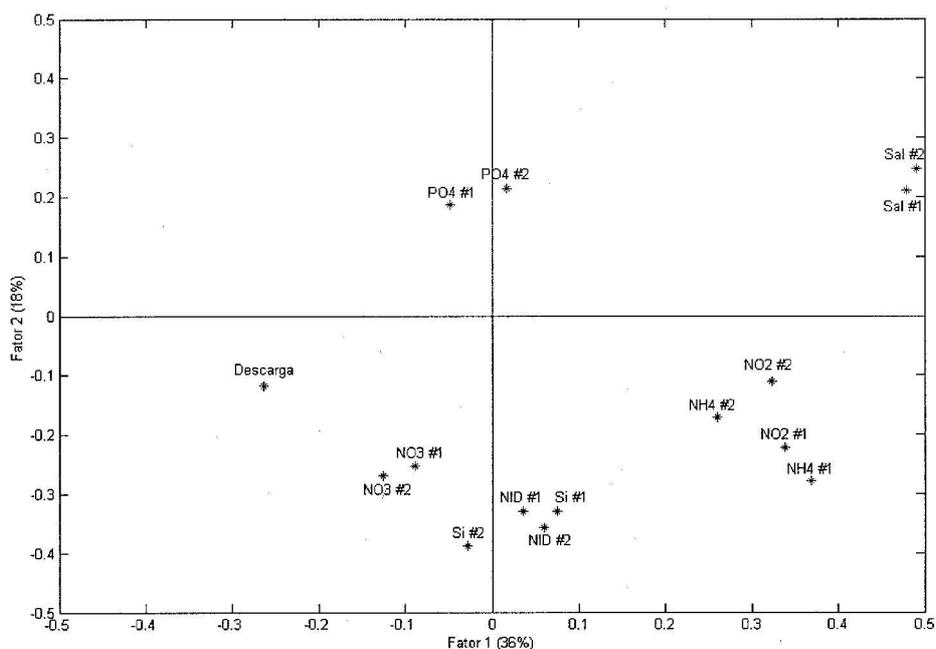


FIGURA 6 – Plano fatorial formado pelos fatores 1 e 2, obtidos a partir da Análise em Componentes Principais feita sobre os dados de superfície das estações 1 e 2. A variância explicada pelos dois primeiros eixos da ACP foi de 54%.

4 – DISCUSSÃO

As amostras de fundo, tanto na maré de quadratura como na sizígia, apresentaram as menores concentrações de nutrientes se comparadas à superfície. Isto ocorreu em função da entrada da cunha salina, quando o fundo passou a ser dominado pela água salgada, pobre em nutrientes, evidenciando a estratificação presente na coluna d'água. Em períodos em que a descarga fluvial é extremamente alta, todo o estuário fica dominado pela água doce, independente do tipo de maré, o que demonstra que a descarga fluvial é um dos principais fatores determinantes dos processos estuarinos, sendo a maré um fator secundário nestas situações. No período de março a agosto de 2000, por exemplo, a descarga se apresentava baixa, em torno de 110 m³/s e a salinidade variava em torno de 12. Em seguida entre agosto e setembro de 2000 ocorreu o contrário: a descarga apresentou valores extremamente altos em torno de 1000 m³/s e o estuário ficou quase que totalmente dominado pela água doce (a salinidade praticamente zero). Já no período de janeiro a março de 2001, novamente o estuário foi dominado pela água doce, deixando o papel da maré em segundo plano. Esta relação é observada tanto na maré de quadratura como na de sizígia e é mostrada na figura 2.

Devido à grande influência e variabilidade da maré e da descarga fluvial na região, é difícil avaliar o reflexo direto da atividade portuária sobre a dinâmica dos nutrientes no estuário do Rio Itajaí-Açu. Através das análises estatísticas foi evidenciado que não existiu diferença significativa entre as estações avaliadas. Apesar disso, mesmo que não estatisticamente significativa, foi observada a tendência da estação 1 (a montante do porto) apresentar valores maiores do que a estação 2 (a jusante do porto) para PO₄⁻³, Si e NID, com exceção do NH₄⁺, como é mostrado na figura 5. Mesmo não sendo estatisticamente significativa, esta tendência estaria relacionada à maior influência de água doce na estação 1, mais rica em nutrientes, não sendo evidenciado a influência direta da atividade portuária. Isto se deve ao fato da maior influência da água de origem marinha na estação 2, de modo que os nutrientes tendem a ser diluídos pela água salgada. Como o Si é proveniente da lixiviação, este não é influenciado tão diretamente pela ação antrópica. O PO₄⁻³ por sua vez é um nutriente que frequentemente apresenta comportamento não conservativo e tende a se adsorver ao material particulado, diminuindo sua concentração. Este comportamento é abordado em outros ambientes (Pereira Filho *et al.* 2001, Braga 2000, Uncles 1998).

Apesar desta tendência geral para os nutrientes, o NH₄⁺ apresentou comportamento diferenciado. Para este nutriente a tendência foi contrária, com a estação 2 apresentando maiores concentrações se comparadas à 1. Esta tendência é particularmente nítida nos momentos de baixa descarga. O NH₄⁺ está diretamente relacionado à decomposição de matéria orgânica no meio, a qual pode estar associada a atividades antrópicas, como lançamento de efluentes domésticos que podem estar sendo lançados próximo a este ponto, aumentando sua concentração. A própria presença das indústrias de pescado nas proximidades do porto representam uma fonte potencial de amônio, já que lançam matéria orgânica para o estuário. Com a degradação desta matéria orgânica, o material protéico contido nas estruturas orgânicas é liberado como N amoniacal. Além das indústrias de pescado, a entrada de esgoto doméstico a partir do município de Itajaí, também pode estar contribuindo com este

aumento. O aumento das concentrações de NH_4^+ , relacionado a entradas antropogênicas, é comentado por vários autores (Mackas & Harrison 1997, Braga *et al.* 2000, Pereira Filho *et al.* 2001).

O estuário do Rio Camboriú, situado na mesma região do Rio Itajaí-Açu, é um local bastante impactado, já que os efluentes da estação de tratamento de esgoto do município e os esgotos clandestinos, são lançados no rio, contribuindo para os problemas da região. Os dois estuários possuem valores de NH_4^+ , PO_4^{3-} e Si bastante semelhantes, o que sugere que o Rio Itajaí-Açu pode estar sofrendo este impacto, relacionado a atividades antrópicas. O sistema estuarino da Baixada Santista, no litoral sul de São Paulo, é um outro exemplo de como os efluentes domésticos e industriais provocam aumentos nas concentrações dos nutrientes no meio, provocando sua eutrofização (Braga *et al.* 2000).

Tanto na maré de quadratura como na de sizígia verificou-se uma tendência a uma relação inversa entre a concentração de amônio e a descarga fluvial. A relação inversa entre o NH_4^+ e a descarga fluvial também ficou nítida na ACP (Fig. 6). Esta relação é um indicativo adicional de que a origem dos nutrientes é proveniente de atividade antrópica na região estuarina, sendo que eles são diluídos nos momentos de aumento de descarga. Foi o caso, por exemplo, das concentrações de NH_4^+ , que entre março e agosto de 2000 na maré de sizígia (Fig. 3) apresentaram valores em torno de 35 μM , enquanto a descarga estava baixa, em torno de 110 m^3/s . Em períodos em que a descarga fluvial aumentou (170 m^3/s), a concentração de NH_4^+ diminuiu para aproximadamente 26 μM . Na quadratura (Fig. 4), quando a descarga fluvial foi baixa, em torno de 150 m^3/s , a concentração de NH_4^+ ficou em torno de 20 μM . Já quando a descarga se tornou mais alta, em torno de 450 m^3/s , a concentração deste nutriente diminuiu para aproximadamente 10 μM . Isto sugere que quando a descarga é alta, ocorre diluição dos nutrientes, diminuindo sua concentração, mascarando os efeitos da entrada antropogênica. Em períodos de alta descarga, o tempo de residência da água no estuário diminui, o que faz com que os processos biogeoquímicos relacionados à ciclagem da matéria orgânica sejam transferidos para a região da pluma do estuário.

Os processos biogeoquímicos de ciclagem da matéria orgânica envolvem também a assimilação de nutrientes pelos produtores primários e sua conversão em matéria orgânica. Entretanto, as poucas medições diretas de produtividade primária no interior do estuário sugerem que sua importância é restrita em função da elevada turbidez (Pereira Filho, em preparo). Spillere (2002), usando a metodologia proposta pelo LOICZ (*Land Ocean Interaction in the Coastal Zone*) (Gordon *et al.* 1996) encontrou um metabolismo predominantemente heterotrófico no sistema, de modo que ele estaria funcionando como fonte de NH_4^+ . Este balanço heterotrófico estaria ligado a sua alta turbidez, o que limitaria a atividade fotossintética em seu interior, além da elevada carga orgânica que ele recebe.

Em resumo este estudo mostrou que: 1) existiu a tendência, embora estatisticamente não significativa, da estação 1 (montante do porto) apresentar concentrações de nutrientes maiores que a estação 2 (jusante do porto). Esta tendência é explicada pela maior influência da água salgada, pobre em nutrientes, na estação 1; 2) o NH_4^+ apresentou tendência contrária, nas situações de baixa vazão, sugerindo que sua origem, neste caso, não seja a drenagem, e sim devido à atividade antrópica nas proximidades desta estação; 3) em períodos de vazão alta o estuário fica dominado pela água doce e a dinâmica de nutrientes independe da maré; 4) em momentos de baixa vazão foi verificado aumento do NH_4^+ , evidenciando que a origem deste nutriente é proveniente de atividade antrópica na região estuarina, sendo que ocorre diluição nos momentos de aumento da descarga. Nesta situação os processos estuarinos relacionados à decomposição de matéria orgânica são transferidos para a região da pluma estuarina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Proppex/Univali pelo suporte financeiro ao trabalho através de recursos do FAP e de uma bolsa de iniciação científica. Agradecem também à equipe responsável pelos trabalhos de campo: Leandro Franklin Silva e Valdenir Ines.

LITERATURA CITADA

- BEUKEMA, J.J. 1991. Changes in Composition of Bottom Fauna of a Tidal – Flat Area During a Period of Eutrophication. *Mar. Biol.*, 111: 293-301.
- BEROUNSKY, VM & SW NIXON. 1995. Eutrophication and the Rate of Net Nitrification in a Coastal Marine Ecosystem. *Estuar. Coastal and Shelf Sci.*, 20: 773-781.
- BISHOP, PL. 1983. Marine Pollution and its Control. McGraw – Hill. 358p.
- BILLEN G, M SOMVILLE, E DE BECKER & P SERVAIS. 1985. A Nitrogen budget of the Scheldt hydrographical Basin. Netherlands. *Journal of Sea Res.*, 19: 223-230.
- BRAGA ES, CVDH BONETTI, L BURONE & J BONETTI FILHO. 2000. Eutrophication and Bacterial Pollution caused by Industrial and Domestic Wastes at the Baixada Santista Estuarine System- Brazil. *Mar. Poll. Bull.*, 40 (2): 165-173.
- CARMOUZE JP & P VASCONCELOS. 1992. The Eutrophication of the Lagoon of Saquarema, Brazil. *Science of the Total Environment*, Suppl.1: 851 – 859.
- CARNEIRO MER, C AZEVEDO, NE RAMALHO & BA KNOPPERS. 1994. A Biomassa de *Chara hornemannii* em Relação ao Comportamento Físico-Químico da Lagoa de Piratininga (RJ). *An. Acad. Bras. Ci.*, 66 (2): 213-222.
- CARNEIRO MER & LV BARROSO. 1993. Um Gradiente de Perturbação Antrópica em dois Sistemas Lagunares do Leste Fluminense, RJ, Brasil. *II Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa*. Resumos: 531-534.
- CARUSO JR F. 1999. Rima-Avaliação dos Impactos Ambientais do Terminal Portuário de Navegantes-SC.

- CEDERWALL H & R ELMGREN. 1980. Biomass Increase of Benthic Macrofauna Demonstrates Eutrophication of the Baltic Sea. *Ophelia*, *Suppl 1*: 287-304.
- GORDON DC, PR BOUDREAU, KH MANN, J-E ONG, W SILVERT, SV SMITH, G WATTAYAKORN, F WULFF, & T YANAGI. 1996. LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines. *LOICZ Reports and Studies*, 5. LOICZ IPO, Texel, The Netherlands.
- HYDES DJ & PS LISS PS. 1977. The Behaviour of dissolved aluminium in estuarine and coastal waters. *Estuar., Coastal and Shelf Sci.*, 5: 755-769.
- INNAMORATI M & F GIOVANARDI. 1990. Interrelationship between Phytoplankton Biomass and Nutrients in the Eutrophicated Areas of the North- Western Adriatic Sea. In: VOLLENWEIDER, RA, R MARCHETTI, R VIVIANI (eds.). *Marine Coastal Eutrophication. Proceedings.* Elsevier: 235-250.
- KIMOR B. 1990. The Impact of Eutrophication on Phytoplankton Composition in Coastal Marine Ecosystems. In: VOLLENWEIDER, RA, R MARCHETTI, R VIVIANI (eds.). *Marine Coastal Eutrophication. Proceedings.* Elsevier: 871-878.
- LEBO ME & JH SHARPS. 1994. Modelling phosphorus cycling in a well-mixed coastal plain estuary. *Estuar., Coastal and Shelf Sci.*, 35: 235-252.
- MACKAS DL & PJ HARRISON. 1997. Nitrogenous Nutrient Sources and Sinks in the Juan de Fuca Strait/Strait of Georgia/Puget Sound Estuarine System: Assessing the Potential for Eutrophication. *Estuar., Coastal and Shelf Sci.*, 44: 1-21.
- MIRANDA LB. 1984. Cinemática e Dinâmica dos Estuários. São Paulo, BSP. 360p.
- NIENCHESKI LF & HL WINDOM. 1994.. Nutrient Flux and Budget in Patos Lagoon Estuary. *The Sci of Total Envir.*, 149: 53-60.
- NIXON SW. 1982. Nutrient Dynamics, Primary Production and Fisheries Yields of Lagoons. *Oceanol. Acta. Suppl.*: 357-371.
- NIXON SW. 1992. Quantifying the Relationship Between Nitrogen Input and the Productivity of Marine Ecosystems. *Proceedings of the advanced Marine Technical Conference*, 5: 57-83.
- NIXON SW, CA OVIATT, J FRITHSEN & B SULLIVAN. 1986. Nutrients and the Productivity of Estuarine and Coastal Marine Ecosystems. *Journal of Limnol. Society of South Africa*, 12: 43-71.
- PARKER CA & JE O'REILLY. 1991. Oxygen Depletion in Long Island Sound: a Historical Perspective. *Estuaries*, 14: 248-265.
- PENNOCK JR, JH SHARP & WW SCHROEDER. 1994. What Controls the Expression of Estuarine Eutrophication? Case Studies of Nutrient Enrichment in the Delaware Bay and Mobile Bay Estuaries, USA. In: DYER, KR & RJ ORTH (eds.) *Changes in fluxes in estuaries: Implications from science to management.* Olsen & Olsen: 139-146.
- PEREIRA FILHO J. & CAF SCHETTINI. 2000. C N P Budget for Camboriu River Estuary, Brazil. In: DUPRA V, SV SMITH, C MARSHALL CROSSLAND, & C CROSSLAND (eds). *Loicz : Esuarine systems of the South American Region : C N P fluxes.* LOICZ: Reports & Students 14.
- PEREIRA FILHO J, CAF SCHETTINI, L RÖRIG & E SIEGLE. 2001. Intratidal variation and net Transport of Dissolved Inorganic Nutrients, POC and Chlorophyll a in the Camboriú River Estuary, Brazil. *Estuar, Coastal and Shelf Sci.*, 53: 249-257.
- RIBEIRO, CHA. 1996. Uma Análise de Qualidade de Água da Baía de Guanabara entre 1980 e 1993. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense. 137p.
- SANDERS R, C KLEIN & T JICKELLS. 1997. Biogeochemical Nutrient Cycling in the Upper Great Ouse Estuary, Norfolk, U. K. *Estuar, Coastal and Shelf Sci.*, 44: 543-555.
- SIMPSON JH, WK GONG & JE ONG. 1997. The Determination of the Net fluxes From a Mangrove Estuary System. *Estuaries*, 20 (1): 103-109.
- SCHETTINI CAF. 2002. Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-açu, SC. *Ver. Brás. de Rec. Hídr.*, 7 (1): 123-142.
- SCHETTINI CAF, JLB CARVALHO & P JABOR. 1996. Comparative Hydrology and Suspended Matter Distribution of Four Estuaries in Santa Catarina State – Southern Brazil. *Proceedings of Workshop on Comparative Studies of Temperate Coast Estuaries*, 29-32.
- SCHETTINI CAF, KN KUROSHIMA, J PEREIRA FILHO, LR RORIG & C RESGALLA Jr. 1998. Oceanographic and Ecological Processes Aspects of the Itajaí-açu River Plume During a High Discharge Period. *An. Acad. Bras. de Ciências*, 70: 325-334.
- SPILLERE, LC. 2002. Determinação de um Balanço de Massa para os Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos no Estuário do Rio Itajaí-Açú. Monografia de Conclusão de Curso (Oceanografia). 65ps.
- STAVER LW, KW STAVER, & JC STEVENSON. 1996. Nutrient Inputs to the Choptank River Estuary : Implications for Watershed Management. *Estuaries*, 19 (2): 342-358.
- STRICKLAND JD & TR PARSONS. 1972. A Practical Handbook of the Seawater Analysis. Fisheries Research. Board of Canada Bulletin. 2nd Edition, 311p.
- UNCLES RJ, RG WOOD, JA STEPHENS & RJM HOWLAND. 1998. Estuarine Nutrient Fluxes to the Humber Coastal Zone, UK, during June 1995. *Mar. Poll. Bull.*, 37 (3-7): 225-233.