

# Efeito da drenagem urbana nas características físico-químicas e biológicas da água superficial na Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)

Alessandra Fonseca

Laboratório de Recursos Hídricos da Estação Ecológica de Carijós  
Rodovia Maurício Sirotsky Sobrinho, SC 402, km 02,  
Florianópolis, SC, CEP: 88.053-700  
alofns-bio@yahoo.com.br

Submetido em 25/04/2005  
Aceito para publicação em 25/10/2005

## Resumo

As águas de superfície em áreas sob diferentes influências da drenagem urbana na Lagoa da Conceição (27°34'S e 48°27'W) foram amostradas e caracterizadas de acordo com as variáveis físico-químicas e biológicas, entre abril de 2001 e março de 2002. A drenagem urbana e pluvial influenciou as características da coluna de água da Lagoa da Conceição em relação ao silicato e aos nitrogenados dissolvidos. O fósforo foi retirado da forma dissolvida através da dinâmica biogeoquímica, não apresentando diferenças significativas entre as áreas estudadas. O material particulado também não apresentou alterações determinadas diretamente pela urbanização na laguna. O efeito desta pôde ser considerado pontual na água de superfície da laguna, sendo que o processo físico de diluição foi significativo para as diferenças das concentrações de silicato e de nitrato entre as áreas com maior e menor influência da drenagem urbana.

**Unitermos:** eutrofização, nutrientes, laguna

## Abstract

**Effects of urban drainage on the physico-chemical and biological characteristics of surface water in Conceição Lagoon (Florianópolis, SC, Brazil).** The proximal and distal surface waters from the drainage outlets in Lagoa da Conceição – Conceição Lagoon – (27°34'S e 48°27'W) were sampled and characterized according to their physico-chemical and biological characteristics between April 2001 and March 2002. It was found that urban and pluvial drainage influenced the characteristics of the water column of the lagoon in relation to silicate and dissolved nitrogen. Through the dynamics of biogeochemistry, phosphorus was excluded from the dissolved form, and no expressive differences between the studied areas were observed. Also, the particulate matter did not present any alterations directly determined by the drainage into the lagoon, which could be considered as punctual at the surface water. The physical dilution process was significant for the differences of the concentrations of silicate and nitrate between areas that were proximal and distal from the drainage.

**Key words:** eutrophication, nutrients, coastal lagoon

## Introdução

A atividade humana nas áreas costeiras tem alterado o uso do solo e dos habitats naturais, modificando as taxas e os balanços dos processos biogeoquímicos. Através dos despejos de efluentes domésticos e industriais, do uso de fertilizantes e da queima de combustíveis fósseis, a carga de nitrogênio, de fósforo e de carbono vem aumentando na interface continente-oceano, gerando a eutrofização “cultural” (Nixon et al., 1996; Jickells, 1998; Cloern, 2001; Smith et al., 2003). Em alguns ecossistemas, como o Mar Báltico, o Mar Negro e o Golfo do México, a coluna de água tem apresentado freqüentes e periódicas crises de anoxia como um resultado da alta entrada de nutrientes, da alta taxa de produção primária e da falta de oxigênio para mineralizar este material produzido (Gray et al., 2002; Smith et al., 2003). Além da anoxia, a eutrofização tem causado alterações na comunidade fito e zooplancônica, além da proliferação de macroalgas bênticas, da perda da biodiversidade e do aumento na incidência de algas tóxicas, causando alteração da coloração das águas costeiras (Boyton et al., 1996; Humborg et al., 2000; Meyer-Reil e Koster, 2000). Numa perspectiva global, as zonas costeiras têm se apresentado como heterotróficas, considerando que uma maior quantidade de matéria orgânica tem sido acumulada e degradada ao invés de ser localmente produzida (de Jonge et al., 2002; van Beusekom e de Jonge, 2002).

Desde a década de 80 a bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição vem sofrendo intensa urbanização, passando de 7897 moradores fixos para um total de 27432 no final da década de 90 (IBGE, 1983 e 2000). Apesar desta expansão, pouco foi feito para melhorar as condições sanitárias, considerando que 76% do efluente doméstico local é destinado para fossas sépticas (IBGE, 2000). Estudos têm mostrado a alteração nas últimas décadas das características hidroquímicas e biológicas na Lagoa da Conceição em decorrência do processo de eutrofização (Fonseca et al., 2002; Fonseca e Braga, 2004; Fontes, 2004). Fonseca (2004) verificou, através de um modelo de balanço de massa, que 80% dos nutrientes que entram nesta laguna ficam retidos no sistema, indicando a potencialidade da Lagoa à degradação ambiental.

Este estudo pretende compreender como a urbanização está contribuindo para a qualidade de água na Lagoa

da Conceição e testar se a água superficial do sistema como um todo está sob efeito da drenagem urbana.

## Material e Métodos

### Área de Estudo

A bacia de drenagem da Lagoa da Conceição (27°34'S e 48°27'W) compreende uma área de 87,5km<sup>2</sup>, onde 19,9km<sup>2</sup> se referem ao corpo lagunar e 11,1km<sup>2</sup> correspondem às áreas urbanizadas (Figura 1). A área terrestre não urbanizada é formada por dunas, Mata Atlântica, restingas e reflorestamento englobando 56,5km<sup>2</sup> desta bacia (Fonseca, 2004).

A Lagoa da Conceição pode ser definida como um sistema semi fechado que se interliga ao mar aberto através de um estreito canal, de 2km comprimento e de 2m de profundidade (Gré e Horn Filho, 1999). Esta laguna se estende por 13,5km no eixo norte-sul e sua largura varia entre 0,2 a 2,5km, sendo o volume de aproximadamente 49 x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> e a profundidade média de 1,7m (Knoppers et al., 1984). A variação da maré no interior do sistema lagunar é de no máximo 0,25m, resultado da dissipação de 90% da força da maré ao longo do canal antes de chegar na laguna (Klingebliel e Sierra de Ledo, 1997). Segundo Odebrecht e Caruso Jr. (1987), o regime de ventos e o ciclo de precipitação/evaporação são os fatores determinantes na circulação e renovação das águas na laguna.

Esta laguna pode ser caracterizada em três subsistemas de acordo com as características físico-químicas da coluna de água, as regiões Sul, Central e Norte (Knoppers et al., 1984). Em 2000, na sub-bacia hidrográfica da região Sul e Norte, a área urbanizada correspondeu a 82% e 76% do corpo lagunar das respectivas regiões. Na sub-bacia da região Central, esta porcentagem diminuiu para 36% (Fonseca, 2004). No presente estudo, as regiões Norte e Sul foram consideradas como sendo as regiões de maior influência da drenagem urbana, nas quais a relação entre a área urbanizada e a área do respectivo corpo lagunar foi maior do que 51% (metade da área do corpo lagunar + 1%), o contrário foi considerado para a região Central. Deve-se levar em consideração que o maior tributário da laguna em estudo se localiza na região Norte, o rio João Gualberto, e atravessa uma densa área urbana antes de desaguar no sistema.

## Amostragem

As águas de sub-superfície das regiões sob maior e menor influência da drenagem urbana foram amostradas entre abril de 2001 e março de 2002, num total de oito amostragens em datas aleatórias. Cinco pontos amostrais

foram estabelecidos até 10 metros de distância da margem nas regiões em estudo, as características físico-químicas e biológicas da água foram consideradas como descritores.

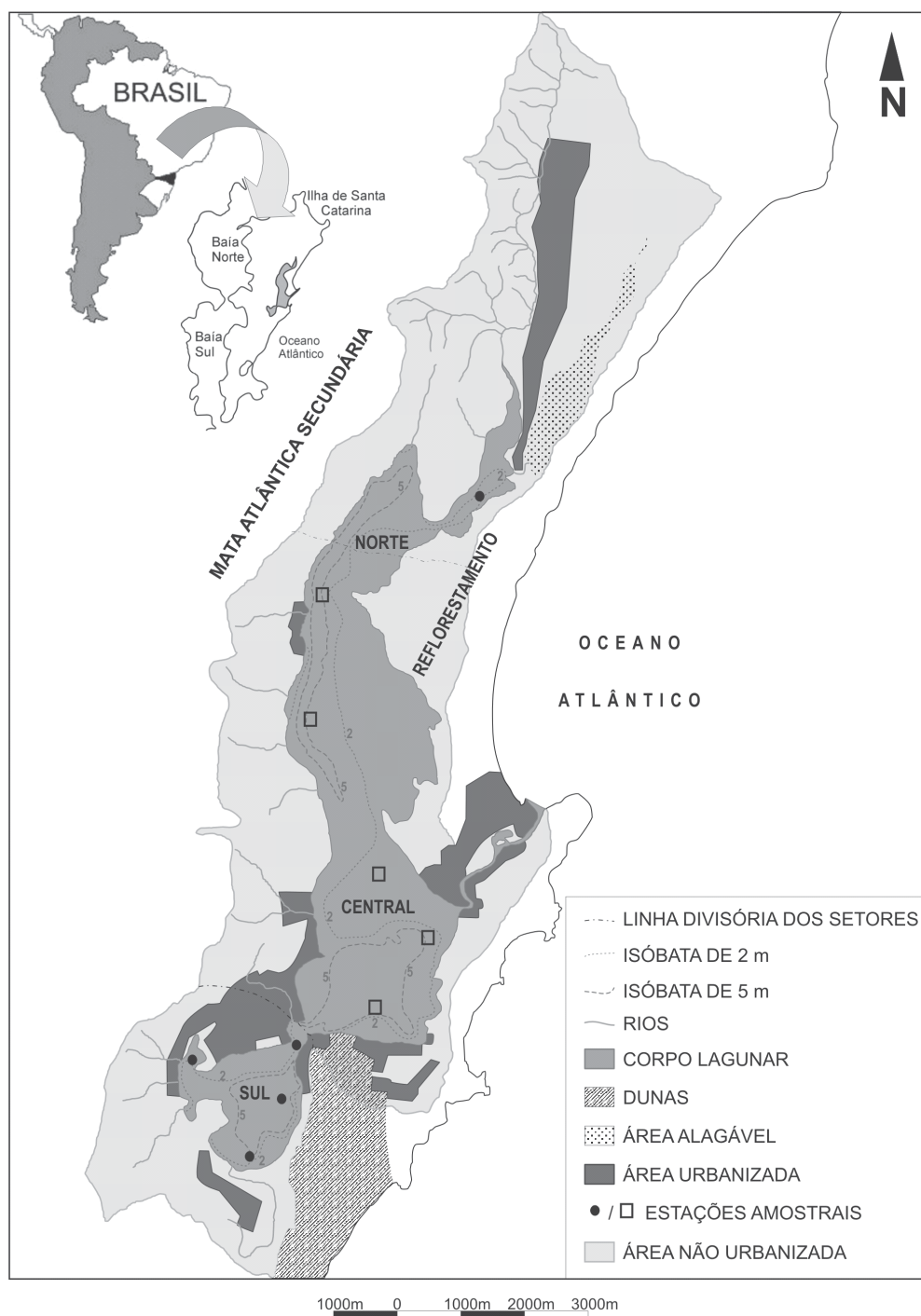


FIGURA 1: Bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição (SC), indicando as estações amostrais nas regiões com maior (●) e com menor (□) influência da drenagem urbana. Mapa elaborado a partir da carta topográfica do IBGE 1983 e do IPUF 2000.

Em cada ponto amostral, a água foi coletada com garrafa de Van Dorn, provida de fechamento horizontal. A temperatura e o pH foram medidos em campo com o uso de pHmetro portátil Hach (mod. 50205, com precisão de 0,01, tanto para temperatura quanto para o pH). A concentração de oxigênio dissolvido foi quantificada de acordo com o método de Winkler (Grasshoff et al., 1983). Numa alíquota da água, acondicionada em frasco âmbar, foi adicionado os reagentes para a análise colorimétrica de N-amoniaco, seguindo os métodos descritos por Tréguer e Le Corre (1976) e Grasshoff et al. (1983). O restante da amostra, destinado às demais análises, foi acondicionado em frasco de polietileno previamente lavado e resfriado em caixa térmica com gelo até o laboratório.

Em laboratório, a salinidade foi determinada a partir da razão salinidade-condutividade (Grasshoff et al., 1999), utilizando-se de um condutivímetro/TDS Hach mod. 44600. Amostras para análise do material em suspensão e pigmentos fitoplanctônicos foram retidos em microfiltro de fibra de vidro Schleicher & Schuell GF-52C, de 0,45  $\mu\text{m}$  de porosidade, as análises foram feitas seguindo as recomendações de Strickland e Parson (1972). As análises para quantificar a concentração dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (fósforo, nitrito, nitrato e N-amoniaco) foram feitas pelo método colorimétrico num espectrofotômetro da marca Marca Bauch & Lomb, modelo Genesis 2, utilizando-se de cubetas de 1 cm e 5 cm de passo óptico.

### Análise dos dados

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para testar a hipótese nula de que não há diferença significativa ( $p < 0,05$ ) de uma determinada variável entre as regiões com maior e menor influência da drenagem urbana. A homogeneidade das variâncias foi verificada através do teste univariado de Cochran C, de Hartley e de Bartlett e os dados foram transformados quando necessário, seguindo as recomendações de Zar (1999).

A análise de escalonamento multidimensional (MDS) é um método de ordenação multivariado, com base numa matriz de similaridade, gerando uma re-

presentação gráfica da similaridade (ou distância) entre os pontos amostrais. O *stress* é um índice resultante da análise de MDS e representa o ajuste necessário para representar as relações entre os pontos amostrais em poucas dimensões: um *stress* = 0,1 corresponde a uma boa ordenação (Clarke e Warnick, 1994). Para averiguar se há diferenças significativas ( $p < 0,05$  ou 5%) entre as regiões com maior e menor influência da drenagem urbana na Lagoa da Conceição foi aplicada a análise de similaridade ANOSIM uni-fatorial. A hipótese nula ( $H_0$ ), de que não há diferenças entre estas regiões foi testada pelo método de permutação a partir da matriz de dissimilaridade dos fatores. A matriz foi calculada através da distância euclidiana normalizada, sem transformação prévia e com padronização dos dados, seguindo as recomendações de Clarke e Warnick (1994). Padronizou-se 5000 permutações para obter um intervalo de confiança com  $\alpha = 0,01$ . Nestas análises foram utilizados todos os descritores analisados no presente estudo. Estas análises foram geradas pelo pacote estatístico PRIMER (Plymouth Routine in Multivariate Ecological Research – Plymouth University).

A análise de correlação simples de Pearson foi gerada para averiguar a correlação entre as variáveis físico-químicas e biológicas.

## Resultados

O gráfico T x S distinguiu as massas de água das regiões com maior e menor influência da drenagem urbana (Figura 2), sendo a salinidade o fator significativamente ( $F_{1,78} = 82,3$  e  $p = 0,000$ ) determinante para esta separação. As águas com maior influência da drenagem urbana apresentaram uma salinidade variando de  $17,6 \pm 1,4$  a  $23,9 \pm 0,6$ , enquanto que na outra região esta variou de  $21,4 \pm 1,3$  a  $30,8 \pm 1,6$ .

O pH e a concentração de oxigênio dissolvido (OD) não variaram significativamente entre as regiões estudadas. Na região com maior influência da drenagem urbana, o pH foi de  $7,9 \pm 0,3$  e na outra região foi de  $8,1 \pm 0,2$ . Enquanto que a concentração de OD foi de

5,42 ± 1,07ml.L<sup>-1</sup> e de 5,60 ± 0,67ml.L<sup>-1</sup> nas regiões com maior e menor influência da drenagem urbana, respectivamente.

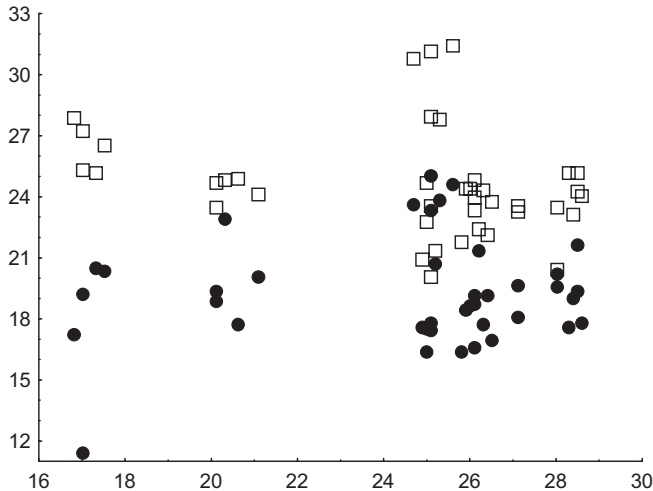


FIGURA 2: Diagrama T x S das regiões com maior (●) e menor (□) influência da drenagem urbana na Lagoa da Conceição. Amostragem de abril 2001 a março de 2002.

As concentrações de silicato e dos nutrientes inorgânicos nitrogenados apresentaram diferenças significativas entre as duas regiões estudadas (Tabela 1), porém este padrão não foi observado para o fósforo inorgânico (PID).

TABELA 1: Resultado significativo (p < 0,05) da análise de variância ANOVA testando as concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos para verificar a diferença entre a área próxima e afastada da drenagem urbana. Grau de liberdade F (1,78).

Nutrientes	F	p
Silicato	12,01	0,001
N-amoniacal	6,39	0,014
Nitrito	4,29	0,041
Nitrato	8,85	0,004

A região com maior influência da drenagem urbana apresentou as maiores concentrações de silicato (entre 1,64 ± 3,14μM e 34,44 ± 5,42μM), de N-amoniacal (de 0,18 ± 5,03μM a 5,14 ± 5,18μM), de nitrito (entre 0,03

± 0,14μM e 0,25 ± 0,07μM) e de nitrato (de 0,04 ± 0,18μM a 2,54 ± 3,01μM) (Figuras 3 e 4).

Na região com menor influência da drenagem urbana as concentrações foram de 2,42 ± 1,02μM a 18,88 ± 1,66μM para o silicato (Figura 3), entre 0,24 ± 0,28μM e 1,53 ± 0,54μM para o N-amoniacal, de 0,04 ± 0,03μM a 0,17 ± 0,03μM para o nitrito e de 0,01 ± 0,05μM a 0,91 ± 0,47μM para o nitrato (Figura 4). A concentração do PID foi de 0,18 ± 0,14μM na região com maior influência da drenagem urbana e de 0,16 ± 0,14μM na região de menor influência (Figura 3).

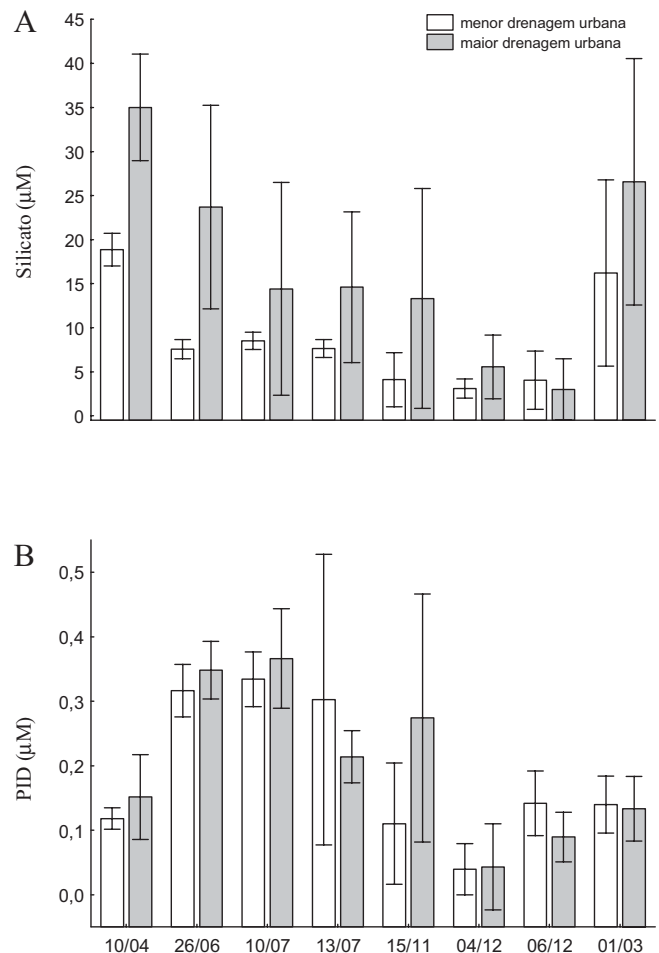


FIGURA 3: Concentração (μM) média e desvio padrão de silicato (A) e fósforo inorgânico dissolvido – PID (B) nas regiões com menor (barras claras) e maior (barras escuras) influência da drenagem urbana na Lagoa da Conceição (SC).

As concentrações do material em suspensão (MES) e da clorofila *a* (clor *a*) e a razão clorofila *a*: feofitina *a* (Clor *a*: Feo *a*) não apresentaram diferenças entre as regiões amostradas (Fig. 5). O teor de MES, de clor *a* e a razão Clor *a*: Feo *a* foi de  $0,68 \pm 0,50 \text{mg.L}^{-1}$  e de  $0,67 \pm 0,73 \text{mg.L}^{-1}$ , de  $1,93 \pm 1,33 \mu\text{g.L}^{-1}$  e de  $2,71 \pm 2,97 \mu\text{g.L}^{-1}$  e de  $1,79 \pm 1,19$  e  $2,24 \pm 1,27$  nas regiões com menor e maior influência da drenagem urbana, respectivamente.

Através da MDS de todas as variáveis e amostras deste estudo foi possível verificar uma tendência das amostras provenientes da região com maior influência da dre-

nagem continental em se localizarem na porção superior e a esquerda do mapa (Figura 6). Ao sobrepor os valores absolutos das variáveis químicas consideradas, verifica-se que esta tendência está relacionada as concentrações de silicato e dos nutrientes nitrogenados (Figura 6). O teste ANOSIM corrobora a análise MDS, detectando diferença significativa (R global 0,12 e  $p=0,000$ ) entre as características físico-químicas e biológicas das duas regiões estudadas. A análise de correlação simples de Pearson ( $n=74$ ) indicou correlação significativa e inversa entre a salinidade e as concentrações de silicato ( $r^2 = 0,25$  e  $p=0,03$ ) e de nitrato ( $r^2 = 0,30$  e  $p=0,01$ ).

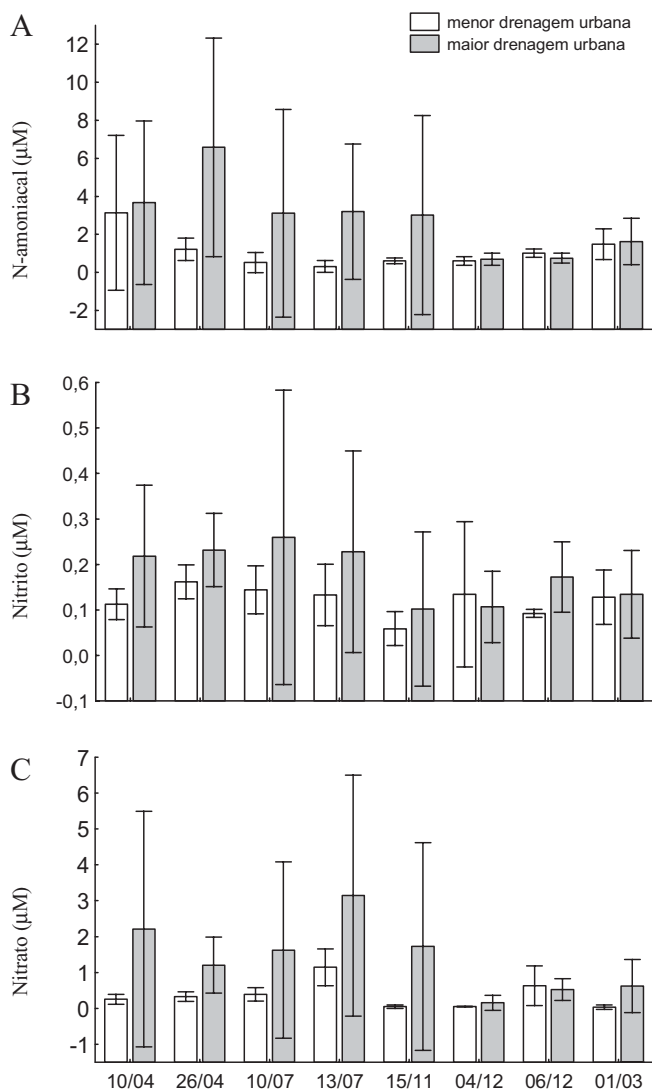


FIGURA 4: Concentração ( $\mu\text{M}$ ) média e desvio padrão de N-amoniacaal (A), nitrito (B) e nitrato (C) nas regiões com menor (barras claras) e maior (barras escuras) influência da drenagem urbana na Lagoa da Conceição (SC).

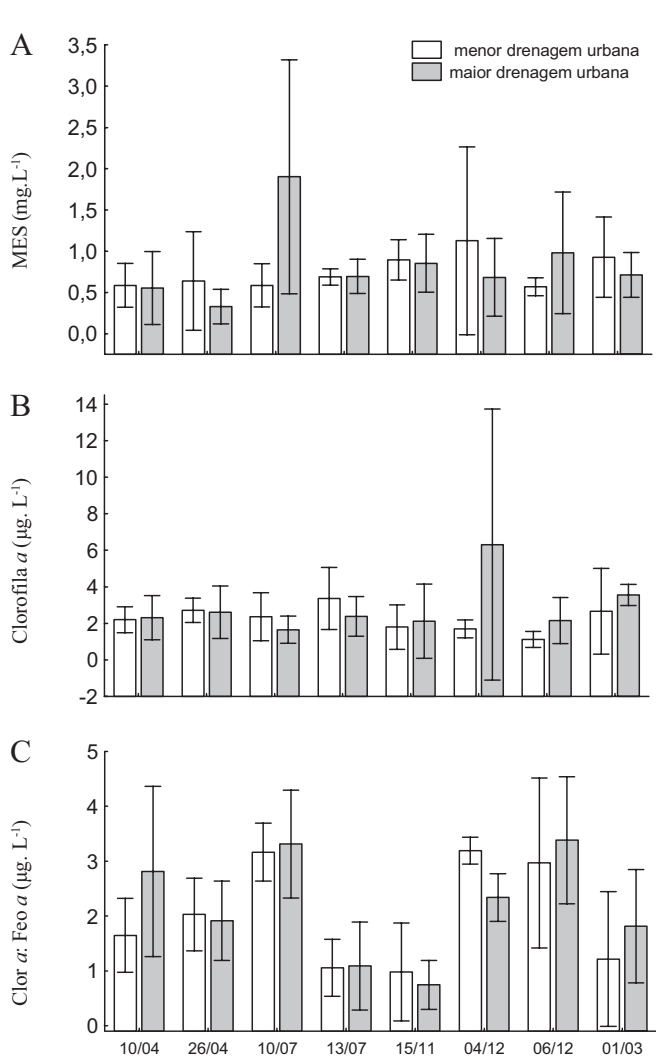


FIGURA 5: Média e desvio padrão das concentrações ( $\mu\text{M}$ ) do material em suspensão (A) e da clorofila *a* (B) e da razão clorofila *a*: feofitina *a* (C) nas regiões com menor (barras claras) e maior (barras escuras) influência da drenagem urbana na Lagoa da Conceição (SC). Amostragem entre abril de 2001 e março de 2002.

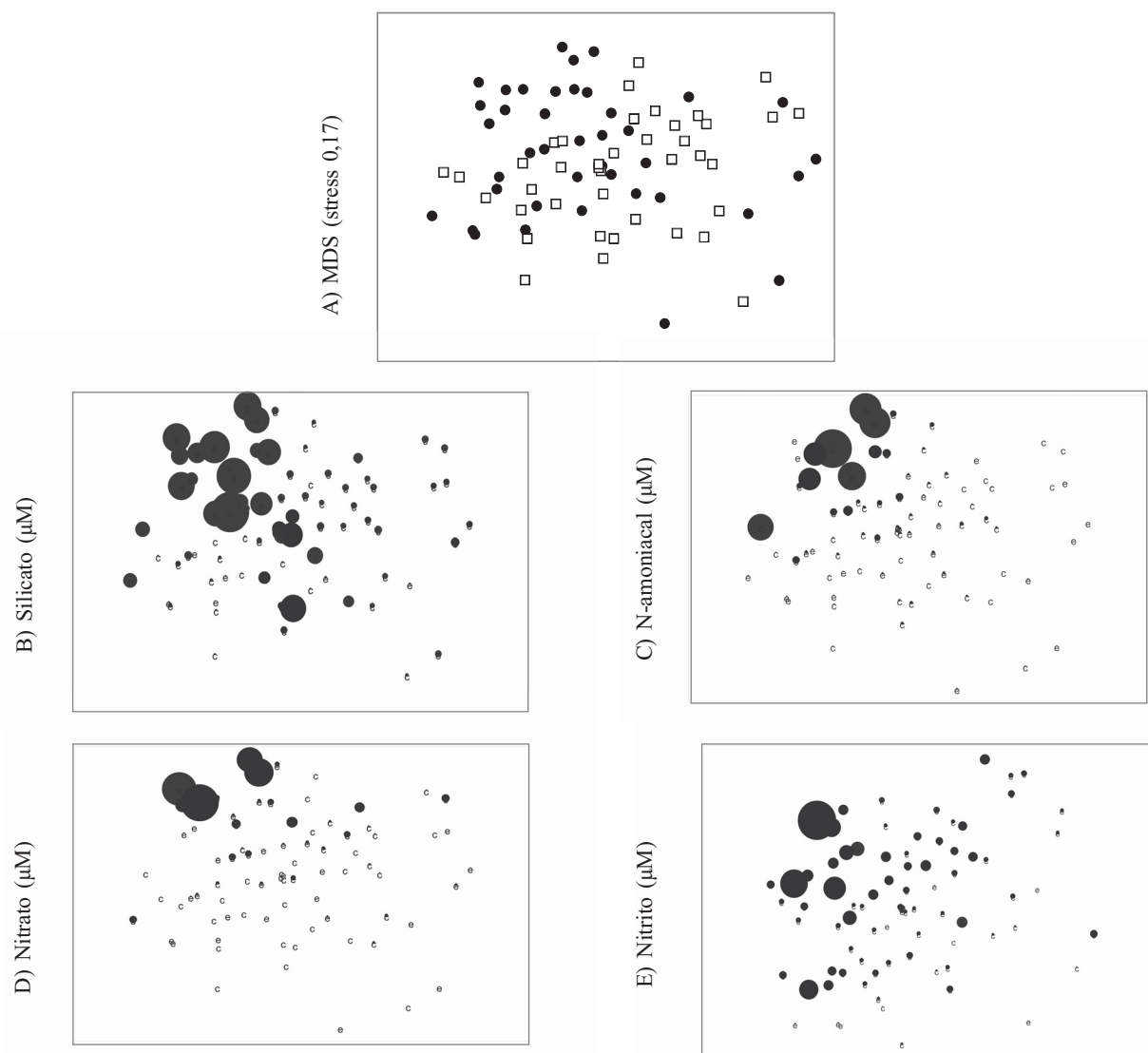


FIGURA 6: MDS (A) das características físico-químicas e biológica das águas nas regiões com maior (●) e menor (□) influência da drenagem urbana na Lagoa da Conceição (SC). Sobreposição das concentrações ( $\mu\text{M}$ ) de silicato (B), N-amoniacaal (C), Nitrato (D) e Nitrito (E) no gráfico MDS. Amostragem entre abril de 2001 e março de 2002.

## Discussão

Eutrofização cultural representa a alteração nas características químicas naturais de um ecossistema em decorrência da entrada de nutrientes resultante da atividade humana (Cloern, 2001; Smith et al., 2003). Desde a década de 80, a urbanização na bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição tem apresentado crescimento exponencial, acarretando alteração nas características hidroquímicas lagunar (Fonseca et al., 2002; Fonseca e Braga 2004; Fontes, 2004; Fonseca, 2004). O presente estudo evidenciou que a região urbanizada deste sistema

foi importante fonte de silicato e de nutrientes nitrogenados. Além disto, verificou-se que a entrada destes nutrientes teve efeito local nas águas de superfície desta laguna.

De acordo com a variável conservativa da massa de água, a região sob maior influência da drenagem urbana apresentou águas menos salinas quando comparada a outra região estudada. Isto indica a importância da entrada de água doce na região urbanizada e o pequeno efeito da diluição com a água marinha atuante no sistema. Por outro lado, a proximidade com o canal de aces-

so ao mar aberto da região com menor influência da drenagem urbana favoreceu a renovação da água e a maior salinidade encontrada. A correlação significativa e inversa entre a salinidade e os nutrientes silicato e nitrato indica que além da drenagem continental e urbana ser a fonte destes nutrientes, eles apresentam comportamento conservativo ao longo da laguna (Braga et al., 2000; Fonseca et al., 2002). Ou seja, o processo físico de diluição é o principal fator para a diferença de concentração destes nutrientes entre as regiões de menor e de maior salinidade. A variação entre as concentrações de silicato e de nitrato das águas com maior e menor influência da drenagem continental indica uma diluição de 80 % e de 95 % ao longo do gradiente salino, respectivamente.

A entrada de silicato no meio aquático proveniente da drenagem continental evidencia a forma de ocupação da bacia de drenagem e o aporte de material terrígeno. Braga et al. (2000) e Pagliosa (2004) encontraram elevadas concentrações de silicato próximas de canais de água concretados. Durante uma coleta do presente estudo, verificou-se a diferença de cor na água superficial localizada na saída de manilhas da drenagem pluvial em decorrência do material terrígeno areno-argiloso. Os dados aqui presentes indicam que a ocupação urbana da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição está favorecendo a entrada de silicato para a laguna, seja pela sua construção como pela falta de mata ciliar, que favorece a lixiviação do material terrígeno.

Os efluentes domésticos são importantes fontes de PID para o meio aquático. Porém, a sua manutenção na coluna de água é determinada por processos biológicos em combinação com processos geoquímicos, como adsorção-desorção e precipitação-dissolução (Carreira e Wagener, 1998; de Jonge et al., 2002). A similaridade entre as concentrações de PID nas regiões com maior e menor influência da drenagem continental e a sua baixa concentração indicam uma rápida retirada de PID da água superficial no sistema em estudo. Vários autores citam o papel do sedimento e dos produtores primários na adsorção e assimilação, respectivamente, deste nutriente na Lagoa da Conceição (Persich, 1990; Bendo et al., 2000; Fonseca et al., 2002; Fontes, 2004). Fonseca (2004) verificou anoxia na água de fundo de uma região desta laguna, concomitantemente, foi observado um pico

na concentração de PID. Ou seja, um exemplo de desorção de P do sedimento em ambiente altamente redutor, reforçando a importância do sedimento na retirada deste composto da forma dissolvida na coluna de água. Deve-se considerar que o P não está sendo retirado da laguna, apenas está sendo mantido no sedimento pelo seu mecanismo tampão, providenciando um reservatório adicional para a produção primária (Smil, 2000).

Na última década, a relação entre os diferentes compostos do nitrogênio inorgânicos dissolvido (NID) sofreu alteração na coluna de água da Lagoa da Conceição, em resposta ao aumento da matéria orgânica proveniente da drenagem urbana e efluentes domésticos (Fonseca et al., 2002; Fontes, 2004). O composto mais estável e oxidado do nitrogênio, o nitrato, deixou de ser a forma predominante do NID, dando lugar a forma mais reduzida, o N-amoniacal (Fonseca et al., 2002; Fontes, 2004; Fonseca, 2004). Neste estudo, todos os compostos nitrogenados foram significativamente mais concentrados na região com maior influência da drenagem urbana, com predomínio da forma reduzida. Isto permite averiguar que: i) a drenagem urbana é importante fonte de nitrogênio para a água superficial da laguna em estudo; ii) os mecanismos de entrada do NID na água superficial da região com maior influência da drenagem urbana são mais eficientes do que os de remoção deste composto do compartimento dissolvido, como a absorção pelos produtores primários e a denitrificação.

A razão NID/PID (NP) permite averiguar qual nutriente está limitando a produção fitoplanctônica, considerando que a razão ideal para esta comunidade está entre 10 e 20 (Kocum et al., 2002). Na região sob maior influência da drenagem urbana a razão NP média foi de 25, indicando limitação da produção fitoplanctônica pelo PID. Porém, na região sob menor influência da urbanização, a razão NP foi de 14, considerada ideal para o fitoplâncton. Esta constatação reforça a dinâmica de P e N nas águas com maior influência da drenagem urbana discutida anteriormente. Além de indicar, que entre as duas regiões estudadas pode estar ocorrendo uma retirada de nitrogênio da coluna de água por processos físicos de diluição (citado para o  $\text{NO}_3$ ), químicos de denitrificação (Fonseca, 2004) e biológico de produção primária.



Em geral, a drenagem urbana e pluvial influenciou as características da água superficial da Lagoa da Conceição em relação aos nutrientes dissolvidos silicato e nitrogenados. O fósforo, através da dinâmica biogeoquímica, foi retirado da forma dissolvida, não apresentando diferenças significativas entre as regiões estudadas. O material particulado, o material em suspensão e os pigmentos fitoplanctônicos, também não apresentaram alterações determinadas diretamente pela drenagem urbana na laguna. O efeito desta se apresentou de forma pontual na água de superfície da laguna, sendo que o processo físico de diluição pela água do mar foi significativo para as diferenças das concentrações de silicato e de nitrato entre as regiões com maior e menor influência da drenagem urbana.

## Agradecimentos

Agradeço ao Núcleo de Estudos do Mar-UFSC sob a coordenação do Prof. Dr. E. Soriano-Sierra e a Polícia Ambiental de Santa Catarina pelo auxílio durante as fases de campo. À Profa. Dra. E. Braga (USP) pela estrutura do laboratório utilizado para as análises de nutrientes. Ao R. Souza pela elaboração do mapa. Aos dois consultores anônimos pelas sugestões que enriqueceram o presente artigo. Este trabalho foi financiado pela FAPESP (Processo Nº 99/09247-0).

## Referência

- Bendo, A.; Campos, M. L. A. M.; Simonassi, J. C.; Snoeijs, E.; Soriano-Sierra, E. J. 2000. Nutrientes dissolvidos na Lagoa da Conceição e região central da cidade de Florianópolis, SC. **Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia**, Itajaí, Brasil, p.249-251.
- Boyton, W. R.; Murray, L.; Hagy, J. D.; Stokes, C. 1996. A comparative analysis of eutrophication patterns in a temperate coastal lagoon. **Estuaries**, **19** (28): 408-421.
- Braga, E. S., Bonetti, C.; Burone, L.; Bonetti Filho, J. 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic waste at Baixada Santista Estuarine System. **Marine Pollution Bulletin**, **40** (2): 165-173.
- Carreira, R. S.; Wagener, A. L. R. 1998. Speciation of sewage derived phosphorus in coastal sediments from Rio de Janeiro, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, **36** (10): 818-827.
- Clarke, K. R.; Warwick, R. M. 1994. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Natural Environment Research Council (UK), Plymouth, UK, 144pp.
- Cloern, J. E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Marine Ecology Progress Series**, **210**: 223-253.
- de Jonge, V. N.; Elliott, M.; Orive, E. 2002. Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. **Hydrobiologia**, **475/476**:1-19.
- Fonseca, A. 2004. **Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluxos de nutrientes e do metabolismo na interface água-sedimento da Lagoa da Conceição (SC, Brasil)**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil, 200pp.
- Fonseca, A.; Braga, E. S. 2004. Spatial and seasonal variation of dissolved inorganic nutrients and phytoplankton biomass in the pelagic system of the Conceição Lagoon, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, **39**: 000-000.
- Fonseca, A.; Braga, E. S.; Eichler, B. B. 2002. Distribuição espacial dos nutrientes dissolvidos e pigmentos fotossintetizantes no sistema pelágico da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil. (setembro 2000). **Atlântica**, **24** (2): 15-29.
- Fontes, M. L. S. 2004. **Breve Estudo espaço-Temporal e de Impacto do feriado de Carnaval e de Corpus Christi sobre Variáveis Ambientais da Lagoa da Conceição – Florianópolis**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 128pp.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M.; Kremling, K. 1983. **Methods of seawater analysis**. 2<sup>nd</sup> ed. Verlag Chemie, Weinheim, Germany, 419pp.
- Grasshoff, K.; Kremling, K.; Ehrhardt, M. 1999. **Methods of seawater analysis**. 3<sup>rd</sup> ed, completely revised and extended edition. Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 599pp.
- Gray, J. S.; Wu, R. S.; Or, Y. Y. 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. **Marine Ecology Progress Series**, **238**: 249-279.
- Gré, J. C. R.; Horn Filho, N. O. 1999. Caracterização textural dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. In: Sierra de Ledo, B.; Soriano-Sierra, E. J. (eds). **O Ecossistema da Lagoa da Conceição**. NEMAR/CCB/UFSC, SDM/FEPEMA, Florianópolis, Brasil, p. 25-34.
- Humborg, C.; Fennel, K.; Pastuszak, M.; Fennel, W. 2000. A box model approach for a long-term assessment of estuarine eutrophication, Szczecin Lagoon, southern Baltic. **Journal of Marine Systems**, **25**: 387-403.
- IBGE. 1983. **Censo demográfico 1980 – Santa Catarina**. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil, 780pp.
- IBGE. 2000. **Censo demográfico 2000**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em abril de 2003.
- IPUF. 2000. **Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis**. Cartas de Florianópolis, 1:50000.
- Jickells, T. D. 1998. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. **Science**, **281**: 217-222.
- Klingebiel, A.; Sierra de Ledo, B. 1997. Étude préliminaire des marées dans la Lagoa da Conceição, île de Santa Catarina (Brésil). **Aquitaine Ocean**, **3**: 129-140.
- Knoppers, B. A.; Opitz, S. S.; de Souza, M. P.; Miguez, C. F. 1984. The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon; Santa Catarina, Brazil (July 19, 1982). **Arquivos de Biologia e**

**Tecnologia**, 27 (1): 59-77.

Kocum, E.; Nedwell, D.B.; Underwood, G.J.C. 2002. Regulation of phytoplankton primary production along a hypernutrified estuary. **Marine Ecology Progress Series**, 231: 13-22.

Meyer-Reil, L.; Koster, M. 2000. Eutrofication of marine waters: effects on benthic microbial communities. **Marine Pollution Bulletin**, 41 (1-6): 255-263.

Nixon, S. W.; Ammerman, J. W.; Atkinson, L. P.; Berounsky, T. M.; Billen, G.; Boicourt, W. C.; Boyton, W. R. 1996. The fate of nitrogen and phosphorus at the land-sea margin of the North Atlantic Ocean. **Biogeochemistry**, 35: 141-180.

Odebrecht, C.; Caruso Jr., C. G. 1987. Hidrografia e matéria particulada em suspensão na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Atlântica**, 9 (1): 83-104.

Pagliosa, P. R. 2004. **Varição espacial nas características das águas, dos sedimentos e da fauna benthica em áreas urbanizadas e em unidades de conservação na Baía da Iha de Santa Catarina**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 118pp.

Persich, G. R. 1990. **Parametros físico-químicos, seston e clorofila a na Lagoa da Conceição, SC**. Monografia *Lato sensu*, especialidade em Hidroecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 34pp.

Smil, V. 2000. Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. **Annual Review of Energy and the Environment**, 25: 53-88.

Smith, S. V.; Swaney, D. P.; McManus, L. T.; Bartley, J. D.; Sandei, P. T.; McLaughlin, C. J. 2003. Humans, hydrology, and the distribution of inorganic nutrient loading to the ocean. **BioScience**, 53 (3): 235-245.

Strickland, J. D. H.; Parson, T. 1972. **A practical handbook of seawater analysis**. 2<sup>nd</sup> ed. (Bulletin, 122) Fisheries Research, Board of Can, Ottawa, Canada, 172pp.

Tréguer, P.; Le Corre, P. 1976. **Manual d'analyse des seis nutritifs das l'eau de mer**. 2<sup>ème</sup> ed. Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 110pp.

van Beusekom, J. E. E.; de Jonge, V. N. 2002. Long-term changes in the Wadden Sea nutrient cycles: importance of organic matter from the North Sea. **Hydrobiologia**, 475/476: 185-194.

Zar, J. 1999. **Biostatistical Analysis**. 4. ed. Prentice Hall, New Jersey, USA, 663pp.