



FORAMINÍFEROS COMO BIOINDICADORES DE VARIAÇÕES AMBIENTAIS NAS ÁREAS MARGINAIS DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, FLORIANÓPOLIS/SC

Bruna Borba Dias

Carla Bonetti; Bianca A.D.M. Parizotto

diasbb@hotmail.com

Laboratório de Oceanografia Costeira, Universidade Federal de Santa Catarina, Beco dos Coroas, fundos-Barra da Lagoa-88061 - 600, Florianópolis, SC, Brasil

INTRODUÇÃO

O sistema lagunar, em condições naturais, funciona dentro de uma matriz biótico - ambiental complexa e vulnerável ao impacto humano, estando sujeito às alterações no aporte de nutrientes e matéria orgânica (15). O lançamento de esgoto *in natura* pode ocasionar alterações funcionais no ambiente costeiro devido à entrada de matéria orgânica e de nutrientes, gerando um aumento nos níveis de produção primária e podendo inicialmente beneficiar as comunidades aquáticas com um possível aumento da densidade e diversidade. Entretanto, quando esse enriquecimento orgânico excede o limite da capacidade de suporte do meio, ocorre a proliferação descontrolada de algumas espécies oportunistas, que por sua vez diminuem os teores de oxigênio dissolvido e alteram a distribuição das comunidades.

A Lagoa da Conceição, em Florianópolis (SC), compreende uma laguna sujeita a impactos resultantes da ocupação urbana. Residências com tratamento de esgoto inadequado, atividades comerciais e outros despejos urbanos contribuem para o enriquecimento orgânico de suas águas.

Todas as espécies integrantes do ecossistema costeiro interagem com o meio em que vivem, reagindo de acordo com as mudanças ambientais, podendo acumular informações ao longo de seu ciclo de vida a respeito de alterações ambientais sofridas pelo meio. A partir dessa característica, os bioindicadores são amplamente utilizados na análise da qualidade ambiental, onde determinados organismos da microfauna bentônica, sensíveis às variações ambientais, permitem diagnosticar as condições físico - químicas do ambiente (7). Machain - Castillo e Ruiz - Fernández (14) citam que os indicadores podem apontar a qualidade do ecossistema, relacionando - se com várias características ambientais. Os autores também citam que para ser considerado um bom indicador, este deve possuir características peculiares, como facilidade de identificação e sensibilidade às variações ambientais.

Por possuírem essas características, os foraminíferos são utilizados como indicadores das variações ambientais recentes ocorridas no ambiente. Essas alterações podem ocorrer em

decorrência de fatores abióticos, que influenciam as populações dos foraminíferos, delimitando e controlando as associações de espécies, formando ambientes composicionalmente diferentes e também controlando a reprodução e mortalidade dos indivíduos (8).

OBJETIVOS

Esse trabalho objetivou estudar a distribuição de foraminíferos bentônicos nas áreas rasas marginais da Lagoa da Conceição, buscando avaliar a resposta desta comunidade às variações nas características hidroquímicas e sedimentológicas locais.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedimentos amostrais

Para o presente estudo foi realizada uma campanha amostral nas áreas rasas da Lagoa da Conceição em 27/11/2008. A malha amostral foi definida em cinco áreas representativas das diferentes condições oceanográficas e sedimentológicas que os setores marginais estão sujeitos, denominadas: 1 - Canto da Lagoa, 2 - Centrinho, 3 - Windsurf, 4 - Beco dos Coroas e 5 - Rio Vermelho. Em cada área foram definidas três estações, equidistantes em cerca de 10 m e dispostas de maneira triangular, denominadas réplicas amostrais. Nestas estações foram amostradas água de superfície e de percolação de fundo para determinação de nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, silício reativo e ortofosfato) e coliformes fecais. Amostras sedimentológicas também foram coletadas em cada ponto para análises granulométricas, matéria orgânica total, carbonato biodetrítico e constituintes biológicos.

Processamento das amostras

Para determinação dos nutrientes inorgânicos dissolvidos as amostras foram filtradas e analisadas de acordo os métodos de Aminot e Chaussepied (1) para nitrito, nitrato, silício

reativo e ortofosfato dissolvidos, e, para o nitrogênio amoniacal, método de Koroleff (12).

Os coliformes fecais (99% representados por *Escherichia coli*) foram determinados pela equipe do Laboratório de Microbiologia Aplicada à Aqüicultura, do Laboratório de Camarões Marinhos, na Universidade Federal de Santa Catarina, seguindo a metodologia descrita em Food and Drug Administration (10).

As amostras sedimentológicas foram analisadas de acordo como metodologia de Gross (11) para análises de matéria orgânica total-queima do sedimento em mufla a 550°C por 2 horas-e carbonato biodetrítico-queima do sedimento em HCl 10%. A granulometria consistiu no peneiramento a seco em malhas com intervalo de 0,5phi, seguindo a proposta de Suguio (17).

Para o processamento dos constituintes biológicos (foraminíferos e tecamebas) foram coletados 50cm³ de sedimento superficial e fixados em solução de álcool e Rosa de Bengala 40%. Após a lavagem dos finos em malha de 0,062mm, o material arenoso foi flotado em tricloroetileno para separação e identificação dos organismos. Foram determinados a densidade total de testas estimada em 50cm³ de sedimento, riqueza, densidade, abundância e índices de diversidade de Shannon - Wiener (H'), dominância de Simpson (D') e uniformidade de Pielou (e). Além destes parâmetros, o número de testas malformadas e a biometria das espécies dominantes foram quantificadas.

Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância de Kruskal - Wallis para testar a hipótese de igualdade entre as estações no programa Statistica 7.0 (16). Já, o cálculo dos parâmetros estatísticos relacionados à granulometria do sedimento foram obtidos através do programa SysGran 3.0 (3).

A Análise de Agrupamento (MODO Q) e a Análise de Componentes Principais (ACP) foram obtidas com auxílio do programa Multi Variate Statistical Package (MVSP) 3.1 (13). A primeira técnica permitiu a definição de grupos de estações mais semelhantes quanto aos teores de nutrientes, propriedades sedimentológicas, físico - químicas e biológicas. Já, a ACP foi empregada para determinar os parâmetros que melhor sintetizaram a variabilidade ambiental da área de estudo.

RESULTADOS

Análises físico - químicas

Foram verificadas diferenças significativas (para $p < 0,05$) nas variáveis salinidade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura para as amostras de água da superfície e fundo entre as cinco áreas amostrais, assumindo - se, portanto, que tratam - se de setores sujeitos a diferentes condições hidroquímicas. A salinidade de superfície na área amostral 4 - Beco foi maior ($14,00 \pm 0,01$ PSU) devido a proximidade ao Canal da Barra, canal de ligação da Lagoa da Conceição com o mar. Entretanto, devido ao alto índice de chuva ocorrido durante o mês anterior à coleta (564,7mm), observou - se uma diminuição da salinidade no corpo lagunar como um todo (valores máximos e mínimos de 5,13PSU e 14,01PSU), comparando com outro trabalho (9) que obteve uma variação de 17PSU e 21PSU no mesmo período. Outro dado relevante

foram os valores de oxigênio dissolvido da água de fundo do sedimento ($2,95 \pm 1,12$ mg/L) terem mostrado - se mais baixo do que o da água de superfície ($4,28 \pm 0,45$ mg/L) em todas as áreas amostrais.

As análises de nutrientes realizadas não apontaram concentrações excedentes ao limite estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (4) ou pelo sugerido por Aminot e Chaussepied (1). Entretanto, os resultados de coliformes fecais apresentaram valores superiores ao padrão de 800NMP/100mL, considerado como limite para balneabilidade própria pelo governo do estado de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (4), em quase todas as áreas, com exceção da área 5 - Rio Vermelho que apresentou valores limites. A área 4 - Beco, além de apresentar diferença estatisticamente significativa às outras áreas, apresentou um resultado muito superior, alcançando o valor de 77.300NMP/100mL. Esses resultados podem indicar uma importante fonte de contaminação por esgoto doméstico na laguna, conseqüência da precariedade do sistema de tratamento de esgoto doméstico e que foi intensificada pelo evento de fortes chuvas ocorrido anteriormente à coleta.

Características sedimentológicas

A distribuição granulométrica das amostras de sedimento das áreas rasas da Lagoa da Conceição apresentou - se de maneira homogênea. Não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as três réplicas amostrais de uma mesma área, nem entre as cinco áreas estudadas. Todas as áreas foram exclusivamente arenosas, sendo "areia fina" a classe predominante. Os grãos variaram de moderadamente a muito bem selecionados e o diâmetro médio entre 2,05 e 2,45 phi.

Os valores máximos e mínimos de carbonato biodetrítico (CaCO₃) da laguna foram 0,4% e 8,7% entre as áreas, com a média de $3,0 \pm 2,6\%$. A análise de variância mostrou que não houve diferença estatisticamente significativa nos valores de carbonato entre as réplicas amostrais e as réplicas ambientais ($p > 0,05$).

Já a matéria orgânica total apresentou valores máximo e mínimo de 0,3% e 2,0%, respectivamente, com média de $0,7 \pm 0,4\%$. A análise de variância mostrou igualdade nos valores de matéria orgânica entre as réplicas amostrais ($p > 0,05$). No entanto, as réplicas ambientais apresentaram uma diferença significativa nesta variável, sendo encontrado na área 3 - Windsurf, os maiores teores orgânicos. Este resultado pode ser devido a presença de uma desembocadura de córrego nas proximidades da área de coleta. De modo geral, a baixa porcentagem de matéria orgânica nas áreas rasas pode estar associada à condição de agitação das águas, fator que impede a deposição de sedimentos finos.

Descritores Biológicos

Foram encontradas 17 espécies de foraminíferos nos bancos marginais da Lagoa. A espécie mais abundante foi *Cribroelphidium excavatum*, representando $53,6 \pm 32,0\%$ do total da comunidade. As espécies *Ammonia tepida* ($16,1 \pm 23,3\%$), *Ammotium salsum* ($12,6 \pm 8,7\%$) e *Deuterammmina plana* ($3,4 \pm 6,1\%$) também foram abundantes. O restante das espécies somaram $14,9 \pm 0,9\%$ do total da comunidade de foraminíferos da área de estudo e foram consideradas raras

(<5%). As três espécies mais abundantes não apresentaram diferenças significativas entre as réplicas amostrais e ambientais ($p > 0,05$).

Agrupando as testas de acordo com sua composição, observou-se que os foraminíferos calcários hialinos somaram $70,90 \pm 18,34\%$ do total de testas, enquanto que os calcários porcelanáceos $4,50 \pm 7,49\%$ e aglutinantes $24,60 \pm 19,74\%$, não havendo diferença estatisticamente significativa entre as áreas.

A densidade estimada de foraminíferos teve uma média de 406 ± 473 indivíduos por área, sendo a área 3 - Windsurf o local com a maior densidade ($1010 \pm 638,27$ indivíduos). Comparando esse resultado com obtidos em trabalho pretérito realizado na Lagoa (5) verificou-se que houve um aumento da densidade na área 3 - Windsurf (no trabalho anterior não ultrapassou 800 testas). Esse fato pode estar relacionado com o aumento da matéria orgânica no local, que teve sua maior porcentagem nesta mesma área. Debenay *et al.*, (6) afirmam que uma menor densidade de foraminíferos pode estar relacionado com outros poluentes que causam efeito negativo na microfauna, com exceção das espécies mais resistentes.

Analisando a diversidade de espécies na laguna, pode-se verificar um índice de diversidade e uniformidade menor na área 1 - Canto ($H' = 0,84 \pm 0,49$ e $e = 0,85 \pm 0,09$) comparando com a média geral ($H' = 1,33 \pm 0,49$ e $e = 1,06 \pm 0,39$). Esses resultados estão relacionados com a maior dominância da espécie *Criboelphium excavatum* nessa área ($D' = 0,85 \pm 0,09$). Esta é uma espécie generalista que suporta grandes variações ambientais (6). Essas espécies mais tolerantes, também conhecidas como K - estrategistas, investem em mecanismos para suportar a pressão de seleção. Confiando a tolerância ambiental dessa espécie dominante, as análises biométricas indicaram indivíduos com tamanhos estatisticamente maiores nessa área ($0,32 \pm 0,03$ mm e a média geral de $0,26 \pm 0,05$ mm).

As malformações das testas foram observadas em todas as áreas não apresentando diferenças significativas ($p > 0,05$), com uma maior média na área 2 - Centrinho ($5,13 \pm 7,25\%$ das testas), seguida da área 1 - Canto ($2,68 \pm 2,63\%$ das testas). Um alto número de malformações pode estar associado à alterações das condições ambientais ótimas para a espécie (2). Entretanto, as anomalias podem ocorrer por outros fatores não ecológicos, sendo esses processos mecânicos, onde os organismos vivos podem ser transportados e quebrados; durante o processo de regeneração são comuns os aparecimentos de rupturas no padrão de crescimento. Esse efeito foi observado na maioria das testas com anomalias morfológicas da área 2 - Centrinho e 1 - Canto. As outras anomalias encontradas foram relacionadas a estresse ecológico, por possuírem alterações no número/tamanho de câmaras, desvio no eixo principal de crescimento, testas gêmeas e/ou câmaras sem padrão de crescimento e posicionamento.

A análise de agrupamento realizada mostrou a formação de 3 sub - ambientes distintos: grupo I reunindo as áreas 3 - Windsurf e 4 - Beco, grupo II com as áreas 5 - Rio Vermelho e 2 - Centrinho e grupo III com a área 1 - Canto. Segundo a análise de componentes principais, as variáveis abióticas que melhor explicam a individualização destes gru-

pos são: maiores salinidade e porcentagem de porcelanáceos no grupo I; maior porcentagem de aglutinantes e pH mais básico no grupo II; maior índice de dominância de Simpson e maiores tamanhos de testas no grupo III.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados mostrados, pode-se verificar que os foraminíferos permitiram diferenciar as áreas marginais da Lagoa da Conceição, mostrando-se sensíveis às alterações locais nas características hidroquímicas e sedimentológicas indicadoras de influência marinha (salinidade) e de aporte orgânico (teor de matéria orgânica total nos sedimentos). Neste estudo dois setores da Lagoa merecem maior atenção quanto às características ecológicas: a área 3 - Windsurf e a área 1 - Canto. A primeira apresentou características típicas de estágio inicial de enriquecimento orgânico, com aumento da densidade das populações bentônicas. Já a segunda área apresentou descritores ecológicos indicadores de condições ambientais mais restritivas, como altos valores de dominância de *C. excavatum* e maior número de testas malformadas.

Agradecemos à equipe do Laboratório de Microbiologia Aplicada à Aquicultura, do Laboratório de Camarões Marinhos da UFSC pelo auxílio na realização das análises microbiológicas deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Aminot, A., Chaussepied, M. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. CNEXO, Brest, 1983, 395p.
2. Bonetti, C. Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos-São Vicente (SP, Brasil). Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP, USP. 2000, 253p.
3. Camargo, M.G. Sysgran: análises e gráficos sedimentológicos 3.1. <http://cem.ufpr.br/sysgran/>, 2005.
4. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.357 de 17 de março de 2005. DOU n.53 de 30 de julho. Revoga da Resolução CONAMA n.20 de 1986. 2005.
5. Debenay, J.P., Eichler, B.B., Duleba, W., Bonetti, C., Eichler Coelho, P. Water stratification in coastal lagoons: its influence on foraminiferal assemblages in two Brazilian lagoons. *Marine Micropal.*, 35: 67 - 89, 1998.
6. Debenay, J.P., Tsakiridis, E., Soulard, R., Grossel, H. Factors determining the distribution of foraminiferal assemblages in Port Joinville (Ile d'Yeu, France): the influence of pollution. *Marine Micropal.*, 43 (1 - 2): 75 - 118, 2001.
7. Duleba, W., Coimbra, J.C.S., Petri, S., Barbosa, C.F. Foraminíferos, tecamebas e ostracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros. In: Souza, C.R. de G., Suguio, K., Oliveira, A.M.S., Oliveira, P.E. (eds). *Quaternário do Brasil*. Holos, Ribeirão Preto, 2005, p.176 - 203.
8. Eichler, P.P.B. Avaliação e diagnóstico do canal de Bertioaga (São Paulo, Brasil) através da utilização

de foraminíferos como indicadores ambientais. Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP, USP. 2001, 240pp.

9. Fonseca, A. Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluxos de nutrientes e do metabolismo na interface água - sedimento da Lagoa da Conceição (SC, Brasil). Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP. 2004, 180p.

10. Food and Drug Administration (FDA). *Bacteriological analytical manual*. 6th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 1984.

11. Gross, M.G. Carbon determination. In: Carver, R. E. (ed.). *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience, New York, p. 49 - 94, 1971.

12. Koroleff, K. Determination of phosphorus. In: Grasshoff, K; Erhardt, M. e Kremling, K. (eds.). *Methods of seawater analysis*. 2nd ed., Verlag Chemie, Weinheim, 1969, p.61 - 72.

13. Kovach, W. MultiVariate Statistical Package MVSP 3.1. Kovach Computing Services, <http://www.kovcomp.com/>, 2008.

14. Machain - Castillo, M.L., Ruiz - Fernández, A.C. Indicadores biofísicos em sedimentos acuáticos. In: Pisanty, I., Caso, M. (eds.). *Especies, espacios y riesgos: monitoreo para la conservación de la biodiversidad*. Instituto Nacional de Ecología, México, 2006, p.205 - 216.

15. Sierra Ledo, B. Lagoa da Conceição: uma abordagem ecológica. In: Sierra de Ledo, B. e Soriano - Sierra, E.J. (eds.). *O Ecossistema da Lagoa da Conceição*. Florianópolis: NEMAR/CCB/UFSC. SDM/FEPEMA, Florianópolis, 1990, p.343 - 357.

16. StatSoft, Inc. Statistica: data analysis software system 7.0. <http://www.statsoft.com/>, 2004.

17. Suguio, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blucher, São Paulo, 1973, 317p.