



EFEITOS DO IMPACTO DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO DA USINA NUCLEAR DE ANGRA DOS REIS NA COMUNIDADE DE PEIXES DE COSTÕES ROCHOSOS

T. P. Teixeira

L.M., Neves; F.G., Araújo

1- UFRRJ - Laboratório de Ecologia de Peixes - Km 47 Antiga Rodovia Rio - São Paulo, Cep - 23851 - 930, Seropédica-RJ. tbiomar@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

1-Introdução

A assembleia de peixes tem sido usada frequentemente para detectar o impacto humano no ambiente marinho. Medidas de variações em assembleias de peixes podem permitir uma rápida detecção e o monitoramento destes impactos em ecossistemas naturais (Contador, 2005).

A temperatura e um dos fatores ambientais mais importantes influenciando organismos marinhos e ecossistemas podendo alterar a distribuição das populações tanto em pequena quanto em grande escala geográfica, bem como determina a estrutura das comunidades e ecossistemas afetando processos fisiológicos e comportamentais de espécies (Dembski *et al.*, , 2006). Efluentes aquecidos introduzidos no ambiente marinho induzem a dramáticos e imprevisíveis efeitos dependendo da quantidade e temperatura do material descarregado, assim como o clima, a hidrologia e fatores biológicos (Lardicci *et al.*, 1999). Peixes são móveis, podendo migrar para regiões mais adequadas a seus requerimentos fisiológicos caso a poluição termal no local atinja a níveis críticos. No entanto, muitos dos recursos alimentares destas espécies (corais, esponjas, macroalgas, etc) são organismos sésseis, e podem ser fatalmente afetados. Peixes recifais são indiretamente afetados através da redução da qualidade de recursos alimentares. Portanto, é de grande importância o entendimento da magnitude da poluição térmica na composição, estrutura e distribuição dos organismos de áreas de costões rochosos. Mudanças na temperatura da água causadas pela descarga de Usinas Nucleares afetam a assembleia de peixes diminuindo a riqueza de espécies (Rong - Quen *et al.*, , 2001). As consequências da poluição termal no substrato rochoso tornam inviável o desenvolvimento de invertebrados sésseis e macroalgas, gerando um impacto negativo para as espécies de peixes que utilizam estas áreas seja como abrigo, alimentação, crescimento e reprodução. Sendo assim, a diminuição da complexidade de habitats pode diminuir a riqueza de espécies. A Baía da Ilha Grande, uma relativa área preservada, é exposta a descarga termal da Usina Nuclear de Angra

dos Reis, promovendo uma oportunidade única de avaliar os efeitos da poluição termal na comunidade de peixes. O presente estudo poderá contribuir para uma avaliação dos efeitos causados pelas mudanças climáticas e suas consequências como mudanças na estrutura do habitat.

OBJETIVOS

2 - Objetivo

Avaliar o impacto da descarga termal da Usina Nuclear de Angra dos Reis na assembleia de peixes de costões rochosos e se existe um gradiente termal ao longo da área amostrada

MATERIAL E MÉTODOS

3 - Material e Métodos

3.1 - Área de estudo

Oito locais foram selecionados na Baía da Ilha Grande para as amostragens, sendo seis em uma área que requer maior atenção de monitoramento por se encontrar em uma baía (saco da Piraquara de Fora) onde são introduzidas as descargas das águas de resfriamento da Usina Nuclear de Angra dos Reis (área de impacto). Os outros dois locais (controle) situam - se fora desta área.

3.2 - Amostragem

Os dados de abundância e registros das espécies de peixes foram obtidos através da técnica de censo visual com algumas modificações propostas por Kulbicki & Serramégna (1999). Foram traçados 3 transectos paralelos e consecutivos ao costão com a dimensão de 30 x 3m. Este percurso foi vistoriado por dois observadores, que nadavam sem parar, cada um cobrindo uma área 270m² a 3 metros do costão e o outro a 6 metros. Foi empregado o mergulho livre utilizando apenas a máscara de mergulho, snorkel e nadadeiras em áreas mais rasas e mergulho com equipamento Scuba nas áreas mais fundas. Desta forma foram registradas as espécies observadas na área em pranchetas de PVC. A caracterização do uso vertical do habitat pelas

espécies foi realizado considerando os hábitos de coluna e críptico (Aburto - Opereza & Balart, 2001) tendo as amostras de coluna sido agrupadas as amostras de crípticos. Foram realizadas seis réplicas em cada local totalizando 228 transectos entre 2006 e 2008. A abundância das espécies foi determinada através da densidade das espécies em cada local (número de indivíduos por espécie observados em cada transecto). Foram medidos, em cada local a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e a profundidade (m), sendo três amostras na superfície (30 cm) e três no fundo (até 2 metros).

3.4 - Análise dos dados

A percentagem da abundância relativa e a frequência de ocorrência de cada espécie nos locais amostrados foram utilizadas para descrever a estrutura da comunidade, bem como os índices de diversidade de Shannon (H'), a riqueza de Margalef, a Equitabilidade de Pielou e a dominância de Simpson (Magurran, 1988).

Comparações das assembléias de peixes entre os locais foram realizadas utilizando a Análise de Similaridade - ANOSIM proposta por Clarke (1993). A análise de similaridade (SIMPER) foi empregada para identificar a contribuição de cada espécie para a similaridade em cada local. Para a observação de padrões da distribuição das espécies em função das amostras foi utilizada a Análise de Correspondência Destendenciada (ACD) através do software CANOCO for Windows, versão 4.5. A relação da assembléia de peixes com as variáveis ambientais foi investigada através do coeficiente não paramétrico de Spearman.

RESULTADOS

4 - Resultados

Um total de 18.352 indivíduos foram observados pertencentes a 11 ordens, 33 famílias e 59 espécies. Algumas espécies apresentaram distribuição diferenciada em relação aos locais amostrados. *Haemulon steindachneri* foi a espécie mais amplamente distribuída, sendo abundante (> 9 indivíduos $\times 90 \text{ m}^{-2}$) em todos os locais amostrados. *Eucinostomus argenteus* e *Mugil curema* foram mais abundantes nos locais de maior influência do impacto termal (I1 e I2), enquanto *Abudefduf saxatilis* apresentou um padrão inverso, sendo mais abundante nos outros locais.

Três padrões foram encontrados com referência ao número de indivíduos e número de espécies de cada local: (1) Locais com elevado número de espécies e de indivíduos, como os costões I5 e C2; (2) Locais com elevado número de espécies, porém com reduzido número de indivíduos, como I3, I4, I6 e C1; e (3) locais com poucas espécies com muitos indivíduos locais I1 e I2.

Diferenças altamente significativas foram detectadas para o número de espécies e abundância de peixes entre os locais. O número de indivíduos (4,69**) foi significativamente maior em I5 e C2 e menor em I1, I6 e C1. Os números de espécies (16,00**) foi maior em I3, I5 e C2, a diversidade de Shannon (9,53**) foi maior em I3, I5, I6 e C2 e a riqueza de Margalef (15,80**) foi maior em I3, I5, C1 e C2 e menores em I1 e I2.

O ANOSIM realizado para comparações entre os locais, apresentou diferenças significativas (R global = 0,412; significância = 0,1%) indicando que os locais diferem quanto à

composição da assembléia de peixes. Das diferenças examinadas entre os locais, os maiores R - Estatísticos ($> 0,5$) que indicam diferenças mais consistentes, foram encontrados entre as áreas mais impactadas (I1 e I2) quando comparadas com os outros locais. Tais áreas foram consistentemente diferenciadas dos controles.

A análise da porcentagem da similaridade (SIMPER) aplicada sobre as 20 espécies mais abundantes (abundância relativa $> 0,1\%$ do total de peixes; frequência de ocorrência $> 8\%$) indicou algumas espécies como características de determinados locais. Espécies como *A. saxatilis* e *H. steindachneri* apresentaram elevada contribuição à similaridade em todos os locais, porém com maiores contribuições para o local I6. As espécies mais representativas dos locais I1 e I2 foram *E. argenteus* e *S. greeleyi* tendo a espécie *M. curema* sido típica apenas do local I2. Observou-se uma tendência de que à medida que os locais se distanciaram do foco da descarga termal, a percentagem de contribuição de novas espécies aumentou, com I1 e I2 sendo caracterizadas apenas por 5 espécies, enquanto no outro oposto, I3 e C1 foram caracterizadas por 9 espécies, I5 por 10, e C2 por 15.

Foram investigados os padrões de variações na abundância relativa das espécies mais abundantes através da técnica de ordenação ACD (Análise de correspondência destendenciada), com o diagrama demonstrando uma evidente separação das amostras impactadas mais próximas a descarga termal (I1 e I2) dos locais controles (C1 e C2).

De acordo com o coeficiente não paramétrico de Spearman, foi encontrada significativa correlação negativa com a temperatura com várias espécies (*A. saxatilis*, *A. surinamensis*, *A. virginicus*, *C. striatus*, *D. argenteus*, *H. steindachneri*, *M. acutirostris*, *P. schomburgkii* e *S. fuscus*), com exceção de *E. argenteus* que apresentou correlação positiva. Por outro lado, a profundidade apresentou correlação positiva com a maioria das espécies (*A. saxatilis*, *A. surinamensis*, *A. virginicus*, *C. striatus*, *D. argenteus*, *H. aurolineatum*, *H. steindachneri*, *M. delalandii*, *M. acutirostris*, *S. janeiro*, *S. flaviventris*, *S. fuscus*), com excesso de *M. curema* e *E. argenteus* que apresentaram correlação negativa.

5 - Discussão

A descarga termal influenciou a estrutura da comunidade e sua distribuição espacial. As marcadas diferenças na diversidade e riqueza da comunidade de peixes entre os locais mais impactados pela descarga termal (I1 e I2) e os controles indicam a forte influência da poluição termal na comunidade de peixes constatada no presente trabalho. No entanto, a influência da poluição termal em relação à distância do ponto da descarga termal, nem sempre apresenta relação inversa, como foi confirmado neste trabalho. Além da poluição térmica, a estruturação física e a presença de cobertura benthica são fatores de grande importância na composição e diversidade da comunidade de peixes. Influências de variáveis como a profundidade parecem diminuir o efeito da poluição térmica, atuando como fator de interferência e minimizando o efeito da distância do foco de poluição como fator determinante da estruturação da comunidade de peixes.

Para os locais mais próximos a descarga termal (I1 e I2), as análises indicaram a contribuição para a similaridade

destacaram três espécies associadas a estes locais com elevadas temperaturas: *E. argenteus*, *M. curema* e *S. greeleyi*. Destas espécies, apenas *S. greeleyi* é típica de costões rochosos, (Ferreira *et al.*, , 2001), enquanto as outras duas são registradas principalmente em bancos arenosos ou áreas de fundo lamoso em baías ou outras áreas semi - fechadas da costa (Gaelzer & Zalmon, 2003). Estas espécies são provavelmente especializadas a explorar recursos disponíveis em áreas de altas temperaturas onde outras espécies não são capazes de se desenvolver. O padrão observado de um menor número de espécies que são abundantes em locais com poluição termal foi também encontrado por Rong - Quen *et al.*, , (2001). As espécies com maiores contribuições para a similaridade de I3, 15, 16 e C1, foram caracterizadas por espécies típicas de costões rochosos com ampla distribuição nestes sistemas. Já o local I4 as maiores contribuições foram de *H. steindachneri* e *E. argenteus* provavelmente associados ao substrato composto principalmente de areia e com menor estrutura do habitat. Por outro lado, o local C2 foi bem diferenciado de todos os outros locais, por apresenta uma maior contribuição de espécies para a similaridade, algumas delas sendo espécies crípticas e territorialistas, sendo associadas a locais bem estruturados (Ferreira *et al.*, ,2001).

Eucinostomus argenteus foi a espécie mais tolerante ao estresse termal observado. Mora & Ospina (2001) estudando máximo crítico termal (MCT) de algumas espécies recifais em condições experimentais puderam constatar que existem espécies com habilidades para colonização de habitats quentes, como *Haemulon steindachneri* (36^o), *Mugil curema* (40.8^o) e *Eucinostomus gracilis* (38^oC) apresentando tolerância a temperaturas superiores a 35^oC. Neste trabalho, este padrão de tolerância foi encontrado para as duas primeiras espécies, bem como para uma espécie do mesmo gênero desta última. Porém, as espécies registradas nos locais mais impactados foram muito abundantes apenas nestes locais demonstrando a preferência e tolerância a altas temperaturas.

CONCLUSÃO

6 - Conclusões

Não foi observado um evidente gradiente de alteração termal a partir do foco de descarga da água de resfriamento da Usina Nuclear de Angra dos Reis. Os locais mais próximos (< 150 m) da descarga (I1 e I2) apresentaram fortes impactos da poluição termal refletida nas baixa coberturas bêntica e, conseqüentemente, na estruturação da ictiofauna, onde espécies oportunistas e tolerantes dominaram, enquanto as áreas menos impactadas ou os controles foram colonizados por espécies típicas de costões rochosos.

As maiores profundidades, que foram associadas aos locais mais estruturados, evitaram/minimizaram a influencia da

poluição termal, que foi mais evidente nas camadas superficiais, portanto alguns locais, mesmo próximos do foco de descarga de efluentes podem apresentar satisfatória cobertura bêntica e comunidade de peixes de costões bem estruturadas.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes pela concessão da bolsa no período de realização do mestrado (2007 - 2009).

REFERÊNCIAS

Referencias Bibliográficas

- Aburto - Opereza, O.; Balart, E.F. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of Califórnia. *Marine Ecology*, 22(4): 283 - 305.
- Contador, J.F.L., 2005. Adaptive management, monitoring, and the ecological sustainability of a thermal - polluted water ecosystem: a case in SW Spain. *Environmental Monitoring and Assessment* 104: 19–35.
- Clarke, K.J. 1993. Non parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117 - 143.
- Dembski, S., Masson, G., Monnier, D., Wagner, P. & Pihan, J.C. 2006. Consequences of elevated temperatures of life - history traits of an introduced fish, pumpkinseed *Lepomis gibbosus*. *Journal of Fish Biology* 69: 331–346.
- Ferreira C.E.L., Gonçalves, J.E.A. & Coutinho R. 2001. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Environmental Biology of Fishes* 61: 353–369.
- Gaelzer, L.R. & Zalmon, I.R. 2003. The influence of wave gradient on the ichthyofauna of southeastern Brazil: Focusing the community structure in surf - zone. *Journal of Coastal Research* 35: 456–462.
- Kulbicki, M. 1998. How the acquired behaviour of commercial reef fishes may influence the results obtained from visual census. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 222: 11–30.
- Lardicci, C., Rossi, F., & Maltagliati, F. 1999. Detection of thermal pollution: Variability of benthic communities at two different spatial scales in an area influenced by a coastal power station. *Marine Pollution Bulletin* 38: 296–303.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. London: Croom Helm.178p.
- Mora, C. & Ospina, A.F. 2001. Tolerance to high temperatures and potential impact of sea warming on reef fishes of Gorgona Island (tropical eastern Pacific). *Marine Biology* 139: 765–769.
- Rong - Quen, J., Jeng - Ping, C., Chun - Yu, L. & Kwang - Tsao, S. 2001. Long - term monitoring of the coral reef fish communities around a nuclear power plant. *Aquatic Ecology* 35: 233–243.