

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Avaliação de variações bioquímicas em  
moluscos bivalves em resposta ao estresse  
ambiental.

**Eduardo Alves de Almeida**

**Tese de doutorado**

**SÃO PAULO  
2003**

“Avaliação de variações bioquímicas em moluscos bivalves em resposta ao estresse ambiental”

## EDUARDO ALVES DE ALMEIDA

Tese de Doutorado submetida ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ciências – Área: Bioquímica.

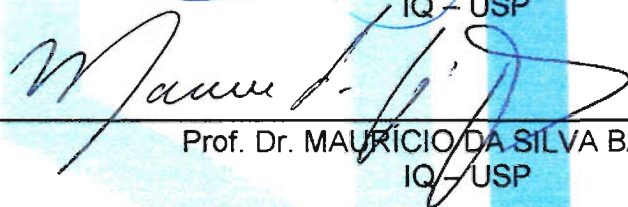
Aprovado por:



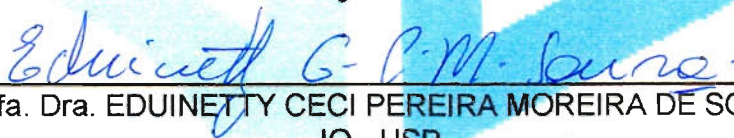
Prof. Dr. PAULO DI MASCIO  
IQ – USP  
(Orientador e Presidente)



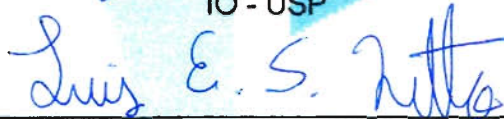
Prof. Dr. PIO COLEPICOLO NETO  
IQ – USP



Prof. Dr. MAURÍCIO DA SILVA BAPTISTA  
IQ – USP



Profa. Dra. EDUINETTY CECI PEREIRA MOREIRA DE SOUSA  
IO – USP



Prof. Dr. LUIS EDUARDO SOARES NETTO  
IB – USP

SÃO PAULO  
05 DE DEZEMBRO 2003.

Dedico esta tese ao meu irmão Daniel Alves de Almeida, que nasceu no dia 13 de junho de 1980 e veio a falecer no dia 20 de abril de 2003 deixando um grande vazio no meu coração, justo quando faltava tão pouco para a gente voltar a viver mais próximo. Dedico esta tese a você, por todo tempo que a gente ficou distante um do outro.

# Agradecimentos

# Aos meus queridos pais, pelo incentivo, apoio e amor.

# Com amor à minha esposa Beatriz, pela presença constante e pelo incentivo, por acreditar e me compreender, assim como ao meu filho Arthur, que nasceu e cresceu junto com este trabalho.

# Ao meu orientador Paolo Di Mascio, pela oportunidade que me deu de aprender tanta coisa nova, e que me aceitou em seu laboratório mesmo não conhecendo nada sobre a fisiologia de moluscos bivalves.

# À professora Marisa H.G Medeiros, que junto com o Paolo ajudou-me durante o desenvolvimento deste projeto.

# Ao professor Afonso Celso Dias Bainy, por toda sua ajuda, fundamental no desenvolvimento deste trabalho, e pela amizade constante.

# Aos professores Danilo Wilhelm-Filho e Eduinety Ceci de Souza, e aos colegas Moacir e Camilo, pelo fornecimento de algumas das amostras de mexilhões analisadas neste trabalho.

# Aos colegas e técnicos do laboratório do Paolo e da Marisa, pela convivência diária e por toda ajuda que me deram, em alguns momentos sendo quase que meus segundos orientadores.

# Aos amigos conquistados em São Paulo, em especial ao Nico, Dri, Artur, Gabi, Jorge, Lu, Cíntia, Michelle, Fábio, Rogério e Carlito, pelos momentos de descontração e pelas pizzas e churrascos nos finais de semana.

# A todos os meus familiares, por todo apoio recebido durante esses quase 5 anos.

# A todos aqueles professores e colegas que ao longo deste trabalho compartilharam seus conhecimentos profissionais, e também, por aqueles que apenas passaram.

# À FAPESP, pela concessão da bolsa de pós-graduação pelo período de 4 anos.

### ***Apoio financeiro***

**FAPESP** – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

**CNPq** – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**PRONEX/FINEP** – Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência

**Pró-Reitoria de Pesquisa – Universidade de São Paulo**

# 1. Introdução

### 1.1. A poluição marinha e seu estudo

O caráter predatório da exploração dos recursos naturais e a conseqüente degradação dos diversos ecossistemas nos últimos anos, vêm despertando uma crescente preocupação a nível mundial, especialmente em relação ao constante aumento na produção de resíduos químicos industriais (IBGE, 1997).

Dentre os diversos tipos de contaminantes destacam-se os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), bifenilas policloradas (PCBs), dioxinas, compostos nitroaromáticos, metais pesados e diversos tipos de pesticidas, por serem compostos potencialmente citotóxicos e/ou carcinogênicos aos diversos organismos vivos, e que são produzidos em grande escala. Por sua vez, estes contaminantes podem se introduzir no ambiente marinho via atmosfera, despejo direto de efluentes de esgotos ou através dos rios (LEMAIRE & LIVINGSTONE, 1993).

De uma forma geral, a poluição marinha pode ser definida como a presença de compostos orgânicos ou inorgânicos no ambiente marinho (seja na água, no sedimento ou nos próprios organismos residentes), geralmente de origem antrópica, que provocam alterações nas características do ecossistema (VIARENGO & CANESI, 1991).

Os poluentes lançados no ecossistema podem provocar uma série de distúrbios metabólicos nos organismos, tais como infertilidade, baixa nas defesas imunológicas, diminuição do crescimento e patologias que podem levar à morte dos indivíduos (STEGEMAN *et al.*, 1992).

Nesse contexto, estudos relacionados à contaminação marinha assumem grande importância, devido às diversas funções do ambiente marinho na dinâmica e manutenção do equilíbrio do planeta e pela elevada agressão a que vêm sendo submetido (IBGE, 1997). Este impacto, geralmente caracterizado por descargas periódicas de efluentes de origem doméstica,

industrial, hospitalar, entre outros, pode comprometer o equilíbrio do ecossistema marinho, por vezes de uma forma pouco evidente, porém bastante tóxica.

De acordo com um levantamento feito pelo censo de 1991, dos 146 milhões de habitantes do Brasil na época, cerca de 32,5 milhões viviam em municípios litorâneos, sendo que 22% da população brasileira habita à beira mar (MCD/MMA, 1996). Essa população se distribui ao longo da costa, perfazendo uma densidade demográfica de 87 hab./km<sup>2</sup>, cinco vezes superior à média nacional, que apresenta um valor de 17 hab/km<sup>2</sup>. Na verdade, metade da população brasileira reside a não mais de 200 km do mar, o que equivale a um efetivo de mais de 70 milhões de habitantes, cuja forma de vida causa impacto direto aos ambientes litorâneos (MCD/MMA, 1996).

Segundo o item 17.21 da Agenda21<sup>1</sup>, para impedir a degradação do meio ambiente marinho é preciso adotar uma abordagem de precaução e antecipação mais que de reação. Para tanto é necessário adotar medidas de precaução através da avaliação dos impactos ambientais de forma a estabelecer critérios qualitativos de gerenciamento para o manejo adequado sobre os lançamentos de efluentes industriais e domésticos no ambiente. Seja qual for a estrutura de gerenciamento adotada, ela deverá incluir a melhoria dos estabelecimentos humanos costeiros e o desenvolvimento integrado das zonas costeiras.

O aumento do aporte antropogênico na zona costeira brasileira, causado principalmente pela crescente concentração populacional nestas regiões, aliado ao deficiente sistema de tratamento de efluentes, tem provocado um constante impacto *sub-crônico* ao ecossistema marinho brasileiro. Para tentar reverter tal situação, faz-se necessária a implantação de

---

<sup>1</sup> A Agenda 21, é um documento consensual para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países num processo preparatório que culminou com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, no Rio de Janeiro. A Agenda 21 traduz em ações o conceito de desenvolvimento sustentável. O capítulo 17 da Agenda 21 trata da conservação do ambiente marinho.



projetos de diagnóstico e recuperação dos diversos ecossistemas litorâneos bem como de tratamento de efluentes.

Diferentes estratégias podem ser adotadas para se estudar o nível de poluição do ambiente marinho. Uma delas pode ser a análise e identificação dos poluentes (metais, hidrocarbonetos, pesticidas, etc.) presentes na água, no sedimento e nos organismos. Entretanto, apesar de serem técnicas muito mais precisas, apresentam um custo operacional muito alto, além de não indicarem os efeitos tóxicos nos organismos. Uma outra maneira, é através da análise de indicadores bioquímicos de estresse, ou *biomarcadores*.

### **1.2. Biomarcadores de poluição marinha**

Walker *et al.* (1996) definem biomarcadores ou bioindicadores de poluição, como alterações biológicas a nível molecular, celular ou fisiológico avaliadas em organismos, que expressam a exposição e os efeitos tóxicos causados pelos poluentes presentes no ambiente. Neste contexto, um grande esforço tem sido feito por parte de pesquisadores com o intuito de se diagnosticar respostas típicas de diferentes sistemas bioquímicos frente a exposição de organismos marinhos a diferentes classes de contaminantes, de modo que hoje é grande o número de trabalhos propondo novos sistemas como bioindicadores da poluição marinha.

Classicamente, os biomarcadores são classificados em 3 categorias: Biomarcadores de exposição, biomarcadores de susceptibilidade e biomarcadores de efeito (WHO, 1993).

Biomarcadores de exposição estão relacionados com a detecção ou medida de uma substância exógena ou o produto da interação de um xenobiótico com células ou moléculas alvo de um organismo, o qual indica a que classe de poluentes este organismo poderia estar exposto.

Os biomarcadores de susceptibilidade estão relacionados com a habilidade inerente de um organismo de responder à exposição a diferentes xenobióticos, incluindo fatores genéticos e mudanças em receptores celulares os quais alteram a susceptibilidade do organismo frente aos xenobióticos.

Biomarcadores de efeito incluem medidas de alterações bioquímicas e/ou fisiológicas nos tecidos ou fluidos de um determinado organismo, as quais possam ser reconhecidas como decorrentes de alterações ambientais ou doenças. Estes tipos de biomarcadores são geralmente os mais estudados, e incluem os sistemas estudados neste trabalho.

Um dos principais fatores que torna o estudo de biomarcadores bioquímicos importante em organismos marinhos é porque podem fornecer dados sobre os efeitos biológicos de diferentes poluentes presentes no ambiente marinho. Analisando-se múltiplos biomarcadores, pode-se também obter importantes informações a respeito da exposição dos organismos aos contaminantes. Geralmente, um estresse ocasionado por poluentes ativa uma cascata de respostas biológicas, as quais em teoria podem ser consideradas cada uma como um biomarcador (van der OOST *et al.*, 2003).

Dentre os sistemas biológicos mais estudados e recomendados como biomarcadores em programas de biomonitoramento ambiental marinho, destacam-se os sistemas que levam a um desbalanço entre a formação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (EROs/ERNs) e sua desativação por sistemas antioxidantes, levando a uma situação denominada de estresse oxidativo (BURGEOT *et al.*, 1996; Sies *et al.*, 1993). Isto se deve ao fato de que a biotransformação de xenobióticos é tipicamente acompanhada de um grande aumento na produção de EROs/ERNs.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

