



**ASSOCIAÇÃO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM *Mytella falcata* (ORBIGNY, 1846) EM BANCO NATURAL DO ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ
MUNICÍPIO DE PAULISTA, PERNAMBUCO, BRASIL.**

Sérgio Antônio Santos da Costa e Silva

**RECIFE
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Sérgio Antônio Santos da Costa e Silva

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM *Mytella falcata* (ORBIGNY, 1846) EM BANCO NATURAL DO ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ
MUNICÍPIO DE PAULISTA, PERNAMBUCO, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental do Instituto de Tecnologia do Estado de Pernambuco ITEP como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre, Área de concentração em Contaminação Ambiental.

**ORIENTADORA: Prof^a Dr^a. Marta Maria Menezes Bezerra Duarte
CO-ORIENTADORA: Prof^a MSc: Hélida Karla Philippini da Silva.**

**RECIFE-PE
2008**

C837a

Costa e Silva, Sérgio Antônio da, 1950 -

Avaliação preliminar da concentração de metais pesados em *Mytella falcata* (Orbigny, 1846) em banco natural do estuário do rio Timbó, município de Paulista, Pernambuco, Brasil. / Sérgio Antônio Santos da Costa e Silva. – Recife: Ed. do autor, 2008.

38f. :il.

Inclui bibliografia

Orientadora: Prof^a Dr^a Marta Maria Menezes Bezerra Duarte

Co-orientadora: Prof^a MSc. Héliida Karla Philippini da Silva

Dissertação (Mestrado) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP-OS, 2008.

1. METAIS PESADOS. 2. ESTUÁRIOS. 3. SEDIMENTOS. 4. MOLUSCOS. I. Duarte, Marta Maria Menezes Bezerra. II. Título.

CDU 549.26

**ASSOCIAÇÃO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM *Mytella falcata* (ORBIGNY, 1846) EM BANCO NATURAL DO ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ
MUNICÍPIO DE PAULISTA, PERNAMBUCO, BRASIL.**

Sérgio Antônio Santos da Costa e Silva

Dissertação de Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental defendida por Sérgio Antônio Santos da Costa e Silva e aprovada em 02 de dezembro de 2008 pela banca examinadora constituída pelos doutores:



Profª Drª. Marta Maria Menezes Bezerra Duarte
Departamento de Engenharia Química da UFPE



Prof. Dr. Manoel de Jesus Flores Monte
Departamento de Oceanografia da UFPE



Profª Drª. Maristela Casé Costa Cunha
Laboratório de Ecofisiologia de Microalgas e microbiologia – LEMI - ITEP/OS.

Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). Recife, 02 de dezembro de 2008.

DEDICATÓRIA

Aos colegas de mestrado: Antônio Martiniano, Arlindo da Silva Cruz, Cláudio Júlio da Silva, Cristiane Soares Lopes, Danusa Kelly Calado F. Cruz, Francisco Cesário Neto, Glauber Pereira de C. Santos, Guilherme de Coimbra Santos, Hélio Oliveira Rodrigues, José Divard de Oliveira Filho, Péricles Borba Araquan, Silvania Maria de Melo Cabral, Tibério Jorge Melo de Noronha, Valdemir Francisco Barbosa, Victor M. do Nascimento, pessoas de várias ideologias e credos que durante o mestrado consolidaram uma amizade gratificante e respeitosa. Deus os conserve sempre assim.

AGRADECIMENTOS

A Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco –ITEP-OS pela oportunidade da capacitação como aluno do Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental criado por essa Instituição.

À coordenação, corpo de professores e alunos da turma do Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental pela amizade, carinho e respeito durante o curso.

À Companhia Independente de Policiamento do Meio Ambiente da Polícia Militar de Pernambuco (CIPOMA-PMPE), nas pessoas do Major PM Ívson Martins e Major PM Ricardo Ivo, pelo apoio na cessão da embarcação e do efetivo para as atividades de campo. Agradecimento especial aos praças que nos acompanharam durante nossas coletas.

À professora Dr^a. Marta Duarte, orientadora desse trabalho pela extrema paciência durante a orientação do mestrando. Sua conduta científica sempre foi precisa e lógica.

À professora Msc. Héliida Philippini, pela co-orientação nos estudos. Seu raciocínio rápido e lógico, mesclado de muita serenidade e espírito científico, foi o fiel da balança no tocante aos valores e metodologia da dissertação. Sua competência me cativou.

À professora Dr^a. Maryse Paranaguá que, nos meus momentos de dúvidas em sistemática se conduziu de maneira extremamente profissional, demonstrando uma cumplicidade científica que só é encontrada nos que realmente fazem da ciência um instrumento de saber e divulgação.

Ao amigo Tibério Jorge Melo de Noronha que muito me auxiliou na parte estatística do trabalho ora apresentado.

A Carlos Alberto, técnico em química do LQA-ITEP. Pessoa competente e experiente, cujas informações sempre foram dadas de maneira educada e científica.

Ao bolsista do LQA-ITEP Edson Luis da Silva por preparar as amostras do presente estudo.

Aos bolsistas do ITEP, José Vieira e Deloar Duda pelo trabalho na digestão das amostras de partes moles do *Mytella falcata*.

À Cristiane Lúcia e Marcos Maia pelo profissionalismo, dedicação e excelente atendimento na secretaria do mestrado.

Ao geógrafo Felipe Alves do Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO-ITEP) pela obtenção das imagens do estuário do rio Timbó.

Ao professor Rodrigo Sitaro pela sua disponibilidade e competência ao fazer o abstract.

Aos meus familiares. Sem sua cumplicidade e norteamento de minha esposa, nada teria sido feito.

À professora Ana Carolina Terto por sua dedicação na correção gramatical do presente trabalho.

Ao Professor Dr. João Carlos do Museu de Malacologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco pela colaboração na identificação da espécie estudada no trabalho em questão.

RESUMO

O sistema estuarino possui diversidade de espécies e de interações físicas, químicas e biológicas. Assim, por causa de tal diversidade, da facilidade de encontrar alimentos, da capacidade portuária e do estabelecimento de cidades ao longo das regiões costeiras, a pressão antrópica aumenta nessas regiões tornando-as susceptíveis a diferentes de contaminação por efluentes domésticos, industriais e metais pesados. Esse trabalho objetivou avaliar as concentrações de metais pesados no molusco bivalve *Mytella falcata* (Orbigny, 1846) presente na área estuarina do rio Timbó, Paulista, Pernambuco utilizando-o como bioindicador da área em estudo, bem como avaliar sua adequabilidade para consumo humano. As coletas foram realizadas nos períodos chuvoso (agosto de 2007) e seco (dezembro de 2007), durante baixa-mar, em banco natural usados para pesca. Os parâmetros hidrológicos foram quantificados “*in situ*” de acordo com The Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater. As partes moles dos bivalves foram pesadas, secadas em estufa a 105° por 24 horas, calcinadas a 950° por 30 minutos para eliminar material orgânico, e solubilizadas em solução de 05 mL de ácido nítrico (HNO₃) (1+1). A concentração dos metais foi medida em Espectrômetro de Emissão Ótica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). O presente trabalho também visou determinar as concentrações de Zn, Mn, Cu, Fe, Al, Cd, Ni, Ba e Cr no molusco bivalve *Mytella falcata* (Orbigny, 1846), porém em Cd, Ni, Ba e Cr foram encontrados valores abaixo do limite de quantificação do método utilizado no experimento, não sendo considerados. Os valores médios obtidos de Zn, Mn, Cu, Fe e Al foram respectivamente 6,1; 4,3; 1,2; 47,9; 185,7 mg.kg⁻¹ na estação chuvosa e de 11,8; 3,3; 7,0; 38,4; 143,1; mg.kg⁻¹ na estação seca. Os resultados de Zn e o Cu estavam abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação Brasileira, Decreto do Ministério de Saúde nº 55.871 de 26 de março de 1965 que determina 50,0 mg.kg⁻¹ para o Zn e 30,0 mg.kg⁻¹ para o Cu, para contaminantes inorgânicos que podem ser encontrados nos alimentos, mais especificamente em pescados. No caso do Mn, o valor médio encontrado na estação seca estava abaixo do recomendado pela *Environmental Protection Agency* (EPA) que adota o critério de 0,1 mg/L em moluscos marinhos. Na estação chuvosa, porém, o valor médio estava acima. Os valores obtidos para o Fe estavam acima do determinado pela World Health Organization (WHO) que adota um valor diário tolerável de 0,8 mg.kg⁻¹. Os resultados hidrológicos obtidos neste trabalho estavam dentro dos valores determinados pelo CONAMA nº 357/2005 para águas salinas. Quanto aos resultados dos elementos Zn e Cu estavam dentro dos valores máximos permitidos pela legislação brasileira. Para o Mn o valor médio obtido para a estação seca estava abaixo do recomendado pela EPA, e na estação chuvosa, Mn apresentou valores diários acima do que é recomendado por esta instituição. Os resultados do ferro estavam, em média, acima do valor diário tolerável recomendado pela WHO.

Palavras-chave: estuário, sedimento, metal pesado, molusco.

ABSTRACT

The estuarine system has species variability, physical, chemical and biological interactions. Thus because of such diversity, facility for finding foods, port capacity and cities establishment along the coastal regions, the anthrop pressure increases in these regions making them susceptible to different kinds of contamination by household and industrial sewers, and heavy metals. This work aimed to evaluate the heavy metal concentration in *Mytella Falcata* bivalves molluscs (Orbigny, 1846) from Timbo river estuarine area in Paulista, Pernambuco, using it as bioindicator of the studied area, as well as to evaluate its adequacy for human consumption. The collections were made in rainy (August, 2007) and dry (Dezembro, 2007) seasons during low water tide in natural banks used for fishing. Hydrological measurements were quantified "in situ" according to The Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater. The bivalve soft parts werw weighted, dried in greenhouses at 105° C for 24 hours, calcinated to 950°C for 30 minutes in order to eliminate organic material and the mineral solubilized in nitric acid (HNO₃) (1+1). The metals concentration was measured in optical Inductively Coupled P – Optic Emission Spectrometer (ICP-OES). The work also aimed to determinate the Zn, Mn, Cu, Fe, Al, Cd, Ni, Ba and Cr concentration inside *Mytella Falcata* bivalve mollusc (Orbigny, 1846). But form Cd, Ni, Ba and Cr the values werw bellow the limit of measurement of the method used in the experiment, and werw not considered. The average values obtained fron Zn, Mn, Cu, Fe, and Al were respectively 6,1; 4,3; 1,2; 47,9; 185,7 mg/kg⁻¹ in rainy season and 11,8; 3,3;7,0; 38,4;143,1; mg/kg⁻¹ in the dry season. The results for Zn and Cu were below the maximum values allowed by Brazilian law - Decree 55.871 form March 26th, 1965 which determines 50,0 mg.kg⁻¹ for Zn and 30,0 mg.kg⁻¹ for Cu to inorganic contaminants which can be found in foods, specifically in fish. In Mn case, the obtained value in average for the try season was below recommended by *Environmental Protection Agency* (EPA), which adopts the criteria of 0,1mg/L in sea molluscs. However in rainy season the average value was above the one The EPA adopts. The average results to Fe were above the ones determined by The World Health Organization (WHO) which adopts an torelable daily value of 0,8 mg.kg⁻¹. The hydrological results obtained in this work were the within values determined by the CONAMA n0 357/2005 for saline waters. The Zn and Cu elements results were within the maximum values allowed by Brazilian legislation.. For Mn, the average value obtained in dry season was below the one recommended for the EPA and in the rainy season. Mn presented daily values above the ones recommended by this institution and.The results from iron were, in average above the tolerable daily value recommended by The WHO.

Keys Word: estuarine, sediment, heavy metal and bivalve mollusc.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - <i>Mytella falcata</i>	10
Figura 02 - Coleta do <i>Mytella falcata</i> no estuário do rio Timbó	19
Figura 03 - Mapa do Brasil com destaque o Estado de Pernambuco e Localização do estuário do rio Timbó evidenciando estação de coleta.....	20
Figura 04 Fluxograma da metodologia para preparação e análises químicas das partes moles do <i>Mytella Falcata</i>	23
Figura 05 - Variação na concentração de zinco (Zn) em <i>Mytella falcata</i> em (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.....	29
Figura 06 - Variação na concentração de manganês (Mn) em <i>Mytella falcata</i> em (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.....	30
Figura 07 - Variação na concentração de cobre (Cu) em <i>Mytella falcata</i> (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.....	31
Figura 08 - Variação na concentração de ferro (Fe) em <i>Mytella falcata</i> (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.....	32
Figura 09 - Variação na concentração de alumínio (Al) em <i>Mytella falcata</i> (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 –	Classificação dos elementos de acordo com seu grau de toxicidade.....	8
Tabela 02 –	Tipologia industrial e matérias primas das indústrias ao longo do rio Timbó.....	18
Tabela 03	Parâmetros hidrológicos avaliados nas coletas de <i>Mytella falcata em</i> (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.....	26
Tabela 04	Parâmetros hidrológicos comparativos.....	27
Tabela 05 –	Valores Máximos Permitidos (VMP) para metais pesados presente em alimentos conforme a Legislação Brasileira e internacional	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ago	Agosto
APHA	American Public Health Association
°C	Centrigado
Cm	centímetro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
dez	Dezembro
E	Estação de coleta única.
EPA	Environmental Protection Agency
FIDEM	Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife
GPS	Global Positioning System
g	Gramma
ha	Hectare
ICP-OES	Espectrômetro de Emissão Ótico com Plasma Indutivamente Acoplado
ITEP	Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
km ²	Quilômetro quadrado
LQA	Laboratório de Qualidade de Água
MA	Maranhão
m	Metro
µg.g ⁻¹	Micrograma por grama
mg.L ⁻¹	Miligrama por litro
mg.kg ⁻¹	Miligrama por quilograma
mL	Mililitro
mL.L ⁻¹	Mililitro por litro
OD	Oxigênio Dissolvido
‰	Partes por mil
%	percentagem

PE	Pernambuco
pH	Potencial hidrogeniônico
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
SC	Santa Catarina
SP	São Paulo
S	South (coordenada geográfica)
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VMP	Valor Máximo Permitido
W	West (coordenada geográfica)
WHO	World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS E REAGENTES QUÍMICOS

Ag	Prata
Al	Alumínio
As	Arsênio
Au	Ouro
Ba	Bário
Be	Berílio
Bi	Bismuto
Br	Bromo
C	Carbonato
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
Cl	Cloro
Co	Cobalto
Cr	Cromo
Cu	Cobre
F	Flúor
Fe	Ferro
Ga	Gálio
H	Hidrogênio
He	Hélio
Hg	Mercúrio
HNO ₃	Ácido nítrico
Ir	Irídio
K	Potássio
La	Lantânio
Li	Lítio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N	Nitrogênio

Na	Sódio
Nb	Nióbio
N	Níquel
O	Oxigênio
O ₂	Oxigênio molecular
Os	Ósmio
P	Fósforo
Pb	Chumbo
Pd	Paládio
Pt	Platina
Rb	Rubídio
Re	Rênio
Rh	Ródio
Ru	Rutênio
S	Enxofre
Sb	Antimônio
Sc	Escândio
Si	Silício
Sr	Estrôncio
Ta	Tântalo
Tc	Tecnécio
Te	Telúrio
Ti	Titânio
V	Vanádio
Y	Ítrio
Zn	Zinco
Zr	Zircônio

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
Lista de Figuras	IX
Lista de Tabelas	XI
Lista de Abreviaturas e Siglas	XII
Lista de Símbolos e Reagentes Químicos	XIV
INTRODUÇÃO	1
1. OBJETIVOS	4
1.1 Geral	4
1.2 Específicos	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Metais avaliados	5
2.2.1 Zinco	5
2.1.2 Manganês	6
2.1.3 Ferro	6
2.1.4 Cobre.....	7
2.1.5 Alumínio	7
2.2 Moluscos bivalves	9
2.3 Metais pesados em <i>Mytella falcata</i>	10
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Parâmetros hidrológicos.....	21

4.2 Preparação e análises químicas das partes moles de <i>Mytella falcata</i> (Orbigny, 1846).....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5.1 Parâmetros hidrológicos	24
5.1.1 Transparência de Água	24
5.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)	24
5.1.3 Salinidade	25
5.1.4 Temperatura	25
5.1.5 Oxigênio dissolvido	25
5.1.6 Taxa de Saturação de Oxigênio Dissolvido	26
5.2. Concentrações de metais pesados na <i>Mytella falcata</i> (Orbigny, 1846)...	28
5.2.1 Zinco	29
5.2.2 Manganês	30
5.2.3 Cobre.....	31
5.2.4 Ferro.....	32
5.2.5 Alumínio	33
6. CONCLUSÕES	35
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	36
8. REFERÊNCIAS.....	37

INTRODUÇÃO

A zona costeira apresenta ecossistemas com grande diversidade biológica contemplada com uma complexidade trófica típica e interativa. Ela compreende desde o talude até regiões situadas a vários quilômetros de distância do setor continental, sendo que os ecossistemas presentes possuem diversidades ecológicas que vão desde manguezais, praias e áreas rochosas até os recifes de coral.

No Estado Pernambuco, Maia (2006) identificou 11 regiões de ocorrência de manguezais, dentro de uma zona costeira relativamente pequena, com aproximadamente 187 km de extensão. Isso pode ser explicado pelo padrão de drenagem com alta densidade e solo pouco permeável. Foi identificada para o ano de 2001 uma área de mangue de 161,38 km² em comparação com a área de 96,61 km² do ano de 1978 estimadas por Herz (1991), apresentando um crescimento geral da ordem de 67%. Mesmo quando comparado aos dados de Freire & Oliveira (1993), a área de manguezais pernambucanas mostra um aumento ainda maior, de 83,28 km², correspondendo a cerca de 107% de aumento em relação aquelas estimativas da década de 1990.

Dentre elas, o estuário do rio Timbó, localizado entre as coordenadas 7° 30' e 8° 05'S 34°45' e 35° 10'W no litoral norte do Estado de Pernambuco nos municípios de Abreu e Lima, Paulista e Igarassú, apesar de sofrer forte ação antrópica possui rica flora e fauna que são monitoradas pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH, 2001), cujos estudos indicam como principais fontes poluidoras à atividade industrial e a ocupação urbana desordenada (COSTA et al., 2007).

Tais condições impostas ao ecossistema estuarino são refletidas nas comunidades de pescadores que sobrevivem do que o estuário do rio Timbó oferece. A ação dos efeitos negativos nessa região se torna evidente devido à expansão urbana e atividades agro-industriais, sendo relatados pelos moradores das áreas ribeirinhas, como a morte de peixes, crustáceos e moluscos.

As alterações físicas e químicas, tais como: variações no pH, potencial redox, contaminação da qualidade da água, bioacumulação e transferência na cadeia

trófica, podem ocasionar modificação ambiental lesiva ao ecossistema de manguezal a ponto de eliminar várias de suas espécies (COTTA *et al.*, 2005),

Dentre elas o *Mytella falcata* conhecido popularmente como sururu, é encontrado no estuário do rio Timbó, Paulista, Pernambuco, onde é coletado e comercializado por pescadores, sendo usado na alimentação da população local.

Os moluscos bivalves são bons indicadores de contaminação relacionada com a presença de metais pesados, já que possuem uma larga distribuição nos ecossistemas costeiros, são espécimes da biota que vive no substrato estuarino possuindo hábito alimentar filtrador que representa uma via de acumulação dos diversos tipos de poluentes industriais e domésticos principalmente os de origem metálica. As concentrações dos metais pesados nos bivalves podem ser associadas a fatores como: concentração de contaminantes em suspensão na água que se acumulam nos sedimentos do rio, variações de estações de ano, tamanho dos espécimes, localização do organismo na zona entre marés, diferentes taxas de absorção de metais pelos organismos e as características físicas e químicas do seu habitat (PEREIRA *et al.*, 2002).

Por isso o entendimento da bioacumulação nas áreas estuarinas de manguezais é de vital importância na avaliação dos diversos tipos de contaminantes, em relação à área onde a população local vive e se alimenta dos recursos pesqueiros fornecidos pelo estuário (CPRH 2001).

Dentre essas regiões estuarinas a do rio Timbó possui potencial turístico, econômico e se encontra incluído em programa governamental de zoneamento estuarino, navegação, atividades econômicas (área de pesca com ampla distribuição) e turísticas (Decreto Estadual nº 24.017, de 07 de fevereiro de 2002). Além das atividades turística e econômica, a região estuarina também é protegida pela Lei Estadual nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986, que garante a preservação das áreas remanescentes de Mata Atlântica.

Por esta razão, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe), alumínio (Al), cádmio (Cd), níquel

(Ni), bário (Ba) e cromo (Cr) no bivalve *Mytella falcata* do estuário do rio Timbó, Paulista, Pernambuco, Brasil.

1. OBJETIVOS

1.1 – Objetivo Geral

Avaliar as concentrações de metais pesados no molusco bivalve *Mytella falcata* presente na área estuarina do rio Timbó, Paulista, Pernambuco, Brasil utilizando-o como bioindicador da área em estudo, bem como considerar sua adequabilidade para consumo humano.

1.2 – Objetivos Específicos

Estabelecer a contaminação por Zn, Mn, Cu, Fe Al, Cd, Ni, Ba e Cr no bivalve *Mytella falcata* e verificar se as concentrações dos metais avaliados encontram-se conforme os valores máximos permitidos pela legislação Brasileira (Portaria no 685 de 27 de agosto de 1998 e Decreto lei 55.871 de 26 de março de 1965, Ministério da Saúde) e internacional (Environmental Protection Agency – EPA e World Health Organization – WHO) para consumo humano.

Determinar os parâmetros hidrológicos na estação de coleta a fim de avaliar se os indicadores físicos e químicos interferem na saúde de área estudada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Metais avaliados

No Brasil os poluentes químicos mais recorrentes, em termos de contaminação, são os agrotóxicos e os metais pesados. Os metais nos ecossistemas aquáticos podem ocorrer de modo natural devido à ação geoquímica e por ação humana, como reflexo das suas atividades domésticas ou industrial. Aportes elevados de metais pesados em ecossistemas podem causar contaminação ambiental, danos a saúde humana e aos invertebrados como os moluscos. O excesso metálico é acumulado no sedimento e biota acarretando na necessidade de manejo ambiental e uma demanda elevada de recursos financeiros (PINTO, 2005).

2.1.1 Zinco

É um dos elementos mais comuns encontrados em ambiente natural, apresentam vários isótopos e sais podendo ser encontrado no solo, água, ar e alimentos. A concentração de zinco no ar ($0,01 - 0,2 \text{ mg/m}^3$) e na água ($5 - 30 \text{ mg/L}$) é relativamente baixa exceto próximo a fontes industriais (UMBUZEIRO, 2004).

Segundo Gonçalves *et al.*, (2007), moluscos podem acumular grandes quantidades de zinco, no estuário do rio Ceará e rio Cocó – Ceará o autor encontrou concentrações de zinco na ordem de 1000 mg.kg^{-1} em *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). Valores muito acima ao limite estabelecido pela legislação Brasileira em vigor no Decreto nº 55.871/65 do Ministério da Saúde (MS) que é de 50 mg.kg^{-1} para qualquer tipo de alimento, exceto bebidas alcoólicas e sucos.

Quanto a toxicocinética do zinco, pode ser incorporada por via digestiva, inalação e pele. Em células mucosas, o zinco pode induzir a síntese de metalotioneína, e o metal, ligando-se a essa proteína é capaz de implicar na diminuição de sua absorção. Como o zinco é um elemento essencial, sua toxicodinâmica pode ser alterada pela falta ou excesso, sendo relatada em humanos, deficiência no crescimento, desnutrição calórica protéica e retardo na maturidade sexual (AZEVEDO *et al.*, 2003).

2.1.2 Manganês

É de larga distribuição na crosta terrestre, encontrado na água e atmosfera como material particulado. Em ambiente, aquático é freqüentemente transportado nos rios, adsorvidos ao sedimento suspenso, sendo incorporados em organismos que ocupam níveis tróficos inferiores na cadeia alimentar. A *Environmental Protection Agency* (EPA) adota como valor máximo $3,99 \text{ mg.kg}^{-1}$ de manganês em organismos marinhos destinados ao consumo humano (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Uma das suas atividades toxicodinâmicas se relaciona com a semelhança clínica com o parkinsonismo e a excelente resposta a pacientes intoxicados ao tratamento com L-dopa, indicando anormalidades bioquímicas que precedem a alterações histológicas no sistema nervoso central, em ambos os casos (AZEVEDO *et al.*, 2003).

2.1.3 Ferro

Segundo Azevedo *et al.*, (2003), no ambiente a exposição ao ferro resultante do desgaste natural das rochas contendo minérios de ferro, fontes antrópicas de origem industrial como emissões de atividades de mineração e fundição, bem como de origem urbana, como efluentes de esgotos municipais, podem levar a contaminação ambiental.

O ferro é um elemento importante para toda a biota, nos organismos é essencial a homeostase, pois se incorpora a um grande número de enzimas que requerem o ferro como co-fator e pigmentos respiratórios, como a hemoglobina nos vertebrados. Em invertebrados temos clorocruerina e hemoeritina como representantes de pigmentos respiratórios ligados ao ferro. Nos vegetais temos a ação da ferridoxina, substância que atua como transportadora de elétrons nas fotofosforilações. Sua deficiência ou excesso é prejudicial levando a alterações no metabolismo, podendo na deficiência levar a anemia hipocrônica e no excesso levar lesão e carcinoma pancreático (AZEVEDO *et al.*, 2003).

2.1.4 Cobre

Esse metal é amplamente distribuído na natureza ocorrendo em muitos outros minérios na forma de óxidos ou sulfetos como a malaquita, azurita e cuprita. No ambiente sua distribuição se dá pela precipitação e fluxo das águas que transportam as partículas, sendo esse material depositado nos sedimentos e repassado aos diversos níveis tróficos. Em invertebrados como os moluscos, é constituinte da hemocianina que é um pigmento responsável pelo transporte do oxigênio nesses organismos. Já nos vertebrados, sua presença é essencial para a utilização do ferro na formação da hemoglobina e na maturação dos neutrófilos (AZEVEDO *et al.*, 2003).

As fontes antrópicas de cobre incluem a emissão pelas atividades de mineração e fundição, pela queima de carvão como fonte de energia e pelos incineradores de resíduos municipais. Outras fontes de menor relevância são devidas ao seu uso como agente antiaderente em pinturas, na agricultura (fertilizantes, algicidas, suplemento alimentar), sendo ainda encontrado em excretas de animais e humanos (ATSDR, 1990).

2.1.5 Alumínio

É o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. Cita Azevedo *et al.*, (2003) que a maior parte das fontes antrópicas é indireta através da emissão de substâncias acidificantes como o dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio na atmosfera o que possibilita uma acidificação da chuva e do solo contribuindo para a dissolução do alumínio no solo. As fontes diretas são devido a processos industriais pela utilização de compostos à base de alumínio e suas aplicações em embalagens, estocagem de produtos alimentares e tratamento de água potável.

Sua toxicinética em humanos pode ser por via inalatória, oral e dérmica, sendo incorporado ao esqueleto e pulmões (AZEVEDO *et al.*, 2003). Sua toxicodinâmica se evidencia bem em células do tecido nervoso e células pós-mitóticas onde se acumula nos lisossomos, núcleo e cromatina. Seu excesso pode causar disfunções em células ósseas levando a uma mineralização direta dos osteócitos, causando

osteomalácia. As maiores buscas sobre seu mecanismo de ação estão ligadas à sua deposição nos neurônios que está ligada ao desencadeamento do mal de Alzheimer (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Os metais zinco, manganês, cobre, ferro e alumínio são incorporados ao organismo por contato direto com a pele, vias aéreas e digestivas, sendo a difusão facilitada de grande importância na incorporação, devido ao uso de proteínas transportadoras. Esses metais podem ser acumulados em tecidos animais particularmente no tecido adiposo e ósseo. Se não são essenciais, apresentam a capacidade de mobilizar mineral dos tecidos e interferir em mecanismos enzimáticos, levando a vários graus de distúrbios metabólicos (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Essa influência metabólica dos metais é observada nas populações ribeirinhas que residem em torno de fábricas, indústrias navais, siderúrgicas e metalúrgicas e podem ser contaminadas por metais como por outros elementos de vários graus de toxicidade apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 - Classificação dos elementos de acordo com seu grau de toxicidade.

GRAU DE TOXICIDADE	ELEMENTOS
Não críticos	Na, K, Mg, Ca, H, O, N, C, P, Fe, S, Cl, Br, F, Li, Rb, Sr, Al, Si.
Muito tóxico e relativamente acessíveis	Be, Co, Ni, Cu, Zn, Sn, As, S, Te, Pb, Ag, Cd, Pt, Au, Hg, Tc, Pd, Bi.
Tóxico, mas muito insolúveis. ou raros.	Ti, He, Zr, W, Nb, Ta, Re, Ga, La, Os, Rh, Ir, Ru, Ba.

Fonte: Wood, 1974.

2.2 Moluscos bivalves

O filo Mollusca é formado por uma grande variedade de invertebrados como: mexilhões, ostras, mariscos, caracóis, lesmas, lulas, polvos, sépias e outros. Distribuindo-se em agrupamentos relacionados com a profundidade, o tipo de substrato, a salinidade da água e com os produtos primários, esse filo apresenta duas classes: Gastropoda e Bivalvia (BRUSCA *et al.*, 2002).

A classe Bivalvia também conhecida como mariscos ou bivalves apresenta oito mil espécies de moluscos marinhos e dulcícolas onde se incluem os mexilhões, sururus e ostras. Como característica distintiva dos outros moluscos tem uma concha bivalvar e cabeça reduzida que representam adaptações para os espécimes se enterrem em substratos macios. Os bivalves se alimentam por filtração, sendo que essa condição evolutiva os levou a uma melhor adaptação ao seu habitat. (VILLE, *et al.*, 1985).

Na classe Bivalvia temos a ordem Mytiloidea, que é formada por organismos presos ao bentos por cordões bissais, dobradiças geralmente sem dentes, músculo adutor anterior reduzido. Inclui a família *Mytilidae* *Mytilus*, *Brachidontes*, *Modiolus*, *Gerkensia* e *Lithophaga* (RUPPERT, 1996).

A espécie *Mytella falcata* (Figura 01) apresenta dimorfismo sexual, desenvolvimento planctônico, filtradora, sendo ainda eurialina, pois possui capacidade de suportar variações de salinidade entre 2‰ a 24‰ podendo adaptar-se do meio dulcícola ao marinho ou vice-versa, o que lhe confere resistência às variações de salinidade (PARANAGUÁ, 1972).



Figura 01 – *Mytella falcata*.

Fonte: Foto do autor (30/08/2007)

A *Mytella falcata* (Orbigny, 1846) possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o Atlântico até o Pacífico (PARANAGUÁ, 1972). Foi escolhida por se encontrar no estuário estudado e ocorrer em outros estuários brasileiros como o do Rio Bacanga em São Luis (MA), (CARVALHO *et al.* 2000) o do rio Potengi, Natal (RN) (MOURA *et al.*, 2005) e em bancos naturais do litoral da Baixada Santista, São Paulo (PEREIRA *et al.*, 2002).

2.3 Metais pesados em *Mytella falcata*.

A literatura apresenta vários trabalhos sobre contaminação por metais pesados em diversos tipos de sedimentos e na biomassa dos ecossistemas. No que se trata de moluscos, os quais são bons indicadores para metais, sendo estudados mundialmente.

Na Costa Algavia (Sul de Portugal) Machado *et al.*, (1999), determinaram ao longo de 14 estações de amostragem, as concentrações de Cd, Cu e Zn em mexilhões *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) e *Lapas patella*. por Espectofotometria de Absorção Atômica com Chama (EAA), registrando valor de Cd de $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ em *Lapas patella*. enquanto em *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) observaram valores para o Zn de 380 mg.kg^{-1} sendo que as concentrações de Cu, 189 mg.kg^{-1} se encontram em mesma taxa de concentração para ambas as espécies. Constatam os autores que em estações sob influência antrópica os teores dos metais estudados

apresentaram valores elevados Cd (1,3 – 3,1 mg.kg⁻¹), Cu (4,8 -7,0 mg.kg⁻¹) e Zn (189-398 mg.kg⁻¹), sendo superiores aos recomendados para moluscos pelo “Food Standards Committee” o que sugere existência de fontes de contaminação por metal pesado nas proximidades.

Ruelas e Ossuna (2000) avaliaram a biodisponibilidade de Cd, Cr, Cu Fe, Mn, Ni, Pb e Zn em ostras *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951), mexilhão *Mytella strigata* (Hugley, 1843) e craca *Fistulobalanus dentivarians* (Henry, 1973), nas águas litorâneas da enseada de Mazatlán, extremo sudeste do Golfo da Califórnia, durante um ano. Foram evidenciadas variações periódicas e específicas em algumas concentrações de metais, especialmente para Cd, Ni, Pb e Zn. Em contraste com Fe, Pb e Zn, as concentrações de Cd variaram em ambas as espécies. Mexilhões concentraram maiores níveis de Ni que outros organismos, enquanto as cracas tiveram maior concentração de Cd, Pb e Zn. A comparação entre as concentrações de Cd, Fe, e Zn nos tecidos macios dos dois bivalves é útil em estudos monitorados quando somente uma espécie prevalece.

Szefer *et al.*, (2004) avaliaram as concentrações de Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Ti e Zn por Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) em tecidos moles e bisso de *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819) encontrados na Baía de Masan e Baía de Ulsan, Coréia. As variações de Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, Co, Mn eram muito elevadas. Levados para outras áreas geográficas, verificou-se que houve variações de concentração de metais nos tecidos moles e bisso, sendo atribuídas à diferentes fontes de oligoelementos, localizados próximo à amostragem. O nível de concentração de alguns metais (Cd, Cu, Pb, e Zn) em *Mytilus galloprovincialis* sugere que o bivalve pode ser usado como um bioindicador para as disponibilidades de oligoelementos nas águas costeiras da Coréia.

Castillo *et al.*, (2005), quantificaram por meio de EAA as concentrações dos metais pesados Cu, Cr, Fe, Pb, Zn, Cd, Ni e Mn em gônadas e músculo adutor do bivalve *Perna perna* (Linnaeus, 1758), em um setor de cultivo na Enseada de Turpialito (Golfo de Cariaco, Venezuela), com a finalidade de determinar a capacidade de acumulação metálica nos tecidos do molusco e verificar se estes são úteis para o

consumo humano, encontrando níveis de acumulação metálica bem maiores que os propostos pela legislação local tanto no sistema gonadal como no muscular. Citam os autores que essa condição pode ser devida aos efeitos contaminantes do setor industrial e populacional encontrado ao longo do golfo de Cariaco.

No golfo de Paria, fronteira da Venezuela e Trinidad, Astudillo *et al.*, (2005) determinaram as concentrações de Cd, Cr, Cu, Ni e Zn em sedimentos, ostras *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) e *Crassostrea virginica* (Cheng, 1967), e no mexilhão *Perna viridis* (Linnaeus, 1758). Os metais nas amostras dos moluscos foram quantificados por EAA. Foi constatado que as ostras do golfo de Paria apresentavam valores de Cd, Cu Ni e Zn mais elevados que os obtidos na costa norte da Venezuela, sendo que no mexilhão cobre e zinco ultrapassou os níveis máximos (Cu 20 mg.kg⁻¹ e Zn 50 mg.kg⁻¹) propostos pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* para alimentação humana. Esses resultados indicam que moluscos podem ser bons bioindicadores para poluição por metais pesados refletindo a concentração que pode disponibilizada a partir de sedimentos.

Sasikumar *et al.*, (2006) monitoraram Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn e Pb no molusco *Perna Viridis* (Linnaeus, 1758). Em águas costeiras da Ásia que é usado em programas de observação de mexilhões para monitorar contaminações no meio ambiente das regiões. Espécimes do molusco de tamanhos e habitats diferentes foram amostrados no seu leito natural em 28 localidades na costa de Karnataka (sudeste da Índia). Concentrações de Cr, Cu, Fe, e Pb foram significativamente altas em tecidos de mexilhões menores que no grupo de maior tamanho. Variações espaciais em concentrações de todos os metais em tecidos foram observadas, exceto por Zn. Em geral, os níveis de traços de metais como Pb, Cd, Ni, e Cr em todo o tecido de *Perna Viridis* estavam dentro dos limites de segurança em toda a costa de Karnataka. Contudo, concentrações relativamente altas de Cd, Cr, e Pb foram observadas no tecido de moluscos coletados de áreas industriais, os quais podem ser derivados de uma variedade de atividade antrópica.

A literatura nacional enfoca metais encontrados nos manguezais e sua distribuição desde a fonte de matéria orgânica sedimentar até as cadeias alimentares, tanto do manguezal quanto das áreas estuarinas ou costeiras. Silva *et al.*, (2001) destacam

que metais pesados provenientes das descargas de efluentes domésticos e industriais liberados nos estuários são incorporados à biota e podem ser transferidos para populações humanas que usam organismos estuarinos como fonte alimentar.

Rojas *et al.*, (2007) avaliaram métodos de decomposição química de material biológico de ostra *Crassostrea rhizophorae* (Guilding,1828) e sururu *Mytella falcata* para a análise de Pb, Cd, Cu e Zn utilizando EAA com procedimentos técnicos relacionados com três métodos diferentes de digestão química nas amostras dos moluscos que foram coletados na região estuarina da Barragem do Bacanga na cidade de São Luis do Maranhão-MA. Foram observadas as influências de fatores bióticos e antrópicos nos níveis de concentração dos metais nos moluscos, bem como a força dos digestores. Sendo comprovado que as taxas de contaminação por metais pesados para os moluscos estudados se encontravam nos limites máximos permitidos pela legislação Brasileira, Decreto do Ministério da Saúde (MS) nº 55.871 de 26 de março de 1965 do que dispõe sobre normas regulamentadoras do emprego de aditivos para alimentos (os limites máximos permitidos para os contaminantes inorgânicos encontram-se no anexo do decreto).

Carvalho *et al.*, (2000) estudaram as concentrações de Cu, Zn, Pb e Cd em *Mytella falcata* encontradas no estuário do rio Bacanga, São Luis, Estado do Maranhão para avaliar uma possível influência do lançamento de esgotos domésticos “*in natura*” no setor estuarino. As concentrações de Cu apresentaram variações entre 5,2 e 13,1 mg.kg⁻¹, e a de Zn situaram-se entre 49,1 e 76,3 mg.kg⁻¹. No tocante ao Pb e o Cd, os valores encontrados foram inferiores a 2,0 mg.kg⁻¹ compatíveis com os máximos permitidos pela legislação Brasileira (Portaria MS nº 685 de 27 de agosto de 1998, para produtos de pesca), para o Zn, observou-se valores ligeiramente mais elevados que o máximo recomendável pelo Decreto do MS nº 55.871 de 26 de março de 1965 com o Cu abaixo.

Wallner & Kersanich (2000) estudaram as concentrações de Cu, Zn, Cd e Pb em ostras *Crassostrea rhizophorae* (Guilding,1828) que foram reciprocamente transplantadas para dois locais diferentes: um contaminado no canal de Cotegipe na baía Aratu e um não contaminado Cacha-Prego, dentro e fora da Baía de Todos os Santos (Brasil). Os metais foram medidos após 0, 15, 30 e 60 dias de exposição no

local contaminado. Ostras transplantadas do local não contaminado para o contaminado, em 60 dias tinham acumulado Cd e Pb em concentrações semelhantes, como o encontrado nas ostras nativas do local contaminado. Também acumularam Cu e Zn, mas em níveis inferiores quando comparados com espécimes nativas. Ostras transplantadas do local contaminado, ao serem novamente introduzidas no local original, apresentaram fortes diminuições de Cu e Pb. Os diferentes resultados de experimentos de eliminação no local não contaminado sugerem diferentes graus de fixação de metal traço após longo e curto prazo de acumulação metálica.

Saraiva (2002) avaliou a contaminação por Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn em manguezais dos rios Aribiri, Bubu e Santa Maria da Vitória, município de Grande Vitória, Espírito Santos, utilizando como bioindicadores os moluscos *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) e *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819), verificando que a contaminação por cromo e zinco em alguns espécimes amostrados se encontravam nos limites máximos permitidos pela legislação Brasileira (Decreto 55.871 de 26 de março de 1965).

Ferreira *et al.*, (2005) determinou os teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em moluscos *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819), *Perna perna* (Linnaeus, 1758), e *Mytella falcata* (Orbigny, 1846) encontrados em bancos naturais do litoral da baixada Santista, Santos, São Paulo, Brasil, usando determinações analíticas dos tecidos moles dos bivalves por espectrometria de absorção atômica com gerador de vapor frio para Hg e para a análise de Pb, Cd, Zn e Cu foi utilizado ICP-OES. Todas as amostras de bivalves analisadas apresentaram teores de (Pb, Cd, Hg, e Cu) em níveis máximos permitidos pela Portaria do MS nº 685/98. No caso do Zn, todas as amostras de *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819), e *Mytella falcata* (Orbigny, 1846) analisadas apresentaram teores abaixo do permitidos pela legislação brasileira, que é de 50,0 mg.kg⁻¹.

No estuário de Cananéia, São Paulo, Machado *et al.*, (2002) avaliaram os níveis de contaminação por Pb, Cd, Hg, Cu e Zn no bivalve *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819), no período compreendido entre dezembro de 1996 a setembro de 1997, em lotes destinados à comercialização. O Pb e Cd foram quantificados por EAA, Cu e

Zn por ICP-AES e mercúrio determinado por espectrometria de absorção atômica com gerador de vapor frio. Através do estudo os autores chegaram à conclusão que as concentrações de metais pesados no bivalve encontram-se abaixo dos limites máximos permitidos pela legislação brasileira (Decreto do MS nº 55871/1965), constando-se que o consumo do produto em questão não apresenta riscos aparentes à saúde, no tocante a este parâmetro específico de qualidade.

Andréa (2003) determinou as concentrações dos metais Hg, Cu, Zn, Cr, Fe, Ni, e Mn em sedimentos e nos bivalves das espécies *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) e *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819), encontrados em dois setores de manguezal (Coroa Grande e Enseada das Graças) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil, comparando as concentrações de metais do sedimento com as encontradas em cada espécie de molusco estudado. Os resultados demonstraram que as concentrações metálicas foram mais altas no sedimento de Coroa Grande, provavelmente devido à proximidade de fontes de contaminação industrial. O autor comprova que essas duas espécies podem ser usadas em programas de monitoramento ambiental.

Melo (2004) determinou as concentrações dos metais Fe, Cu, Cr, Pb e Zn em sedimentos e em moluscos bivalves *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) encontrados no manguezal do rio Potengi – Natal – RN. Os teores dos metais para sedimentos foram quantificados por ICP-AES, sendo os bivalves por EAA. Os resultados mostraram que não existiu variação significativa entre concentrações dos metais entre o período seco e chuvoso nos exemplares de ostras, mas observaram-se variações nas diferentes estações de coleta, exceto para o Cu que se apresentou constante. Também comprova o autor que o Zn apresentou valores acima dos permitidos ($50,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) pelo Decreto MS nº 55.871/1965

No Rio Ceará e Rio Cocó, Ceará, Gonçalves (2007) investigou as concentrações de Cd, Zn, Cu e Cr em bivalves da espécie *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). Os teores dos metais para bivalves foram quantificados por ICP-OES após digestão das amostras, sendo encontrados valores acima dos limites máximos permitidos pela Portaria do MS nº 685/1988 e do Decreto do MS nº 55.871/1965 que apresentam risco para o consumo humano como o Cr com valores superiores a 0,10

mg.kg⁻¹, Zn a 50,0 mg.kg⁻¹ e Cd com 1,0 mg.kg⁻¹. Os resultados obtidos indicam que o molusco pode ser usado como bioindicador para poluição por metal pesado.

Noronha (2008) determinou as concentrações de metais pesados (Zn, Mn, Cr, Cu, Ni, Cd e Fe) em sedimentos superficiais do estuário do rio Timbó, para avaliar o grau de impactação da área e contribuir com a formação de uma base de dados para estudos futuros de monitoramento ambiental dos sistemas estuarinos. Foram obtidas concentrações de zinco (Zn), manganês (Mn), cromo (Cr) e Ferro (Fe) superiores aos valores de referência, inclusive apresentando teores que ultrapassaram os valores-guias adotados pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente, acima do qual a ocorrência de efeitos negativos à biota é provável.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Timbó está localizada entre as coordenadas 7° 30' e 8° 05'S e 34°45' e 35° 10W no litoral norte do Estado de Pernambuco, nos municípios de Abreu e Lima, Paulista e Igarassú com uma área total de 9.296,41 ha correspondem a 6,8% da região superficial do Litoral Norte, detendo respectivamente 32,5%, 25,7% e 7,7% de área superficial dos municípios citados. Apresenta limitação ao norte com a bacia do rio Igarassú e a microbacia do rio Engenho Novo. Ao sul se relaciona com a bacia do rio Paratibe, a oeste com a união das bacias compreendidas pelos rios Igarassú e Paratibe. Ao leste apresenta limites com as microbacias que banham a planície costeira (CPRH, 2001).

Seu principal rio – o Timbó – nasce no tabuleiro de Araçá (município de Abreu e Lima) com o nome de Barro Branco, o qual se mantém assim denominado até atingir o estuário, no município de Paulista, quando passa a ser denominado rio Timbó que irá receber como tributários o Arroio Desterro e o rio Zumbi, por sua margem esquerda, e o rio Fundo por sua margem direita. Da nascente até esse trajeto apresenta direção oeste-leste, seguindo, dali em diante para nordeste até sua desembocadura que se encontra entre Nova Cruz e a praia de Maria Farinha (CPRH, 2001). Sua distribuição hidrográfica apresenta o rio Branco como principal formador onde a partir de seu médio curso se desenvolve o Arroio Desterro resultando em um sistema fluvial estuarino com 15km de vias navegáveis em

preamar, que apresenta profundidades mínimas de 2,0m e máximas de 8,0m com uma largura no baixo e médio curso, variando de 250 a 300m e área de drenagem de 104 km² abrangendo os municípios de Abreu e Lima, Paulista e Igarassu (FIDEM, 1980).

O sistema estuarino do rio Timbó é formado por praias fluviais, litorâneas, ilhotas e manguezais. A sustentabilidade desses manguezais está subordinada às formas de uso nele observados, pesca, indústrias e habitação (BRYON, 1994). Sua diversificação ecológica é variada, sendo formada por várias comunidades típicas de ambiente estuarino. Em relação à flora encontramos espécies como *Rhizophora mangle*, Linnaeus (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa*. Gaerth (mangue branco), *Avicennia germinans* *Laguncularia* Stearn (mangue preto), *Avicennia schaueriana* (mangue canoé), *Conocarpus erectus*. Linnaeus (mangue de botão). Além desses vegetais, ainda encontramos *Coccus nucifera* (coqueiro), principalmente na faixa litorânea da região (CPRH, 2001).

Sua fauna também apresenta grande diversidade de espécies que são típicas desse sistema estuarino, como: aves e mamíferos que se relacionam e reproduzem nesse ambiente, peixes como os Mugilidae (tainha e curimã), gerreidai (carapeba). Centropomidae (camurim). Gobiidae (peixe-amoré). Tetraodontidae (baiacu), Muraenidae (moréia) e Betrachoididae (aniquim). Crustáceos como, Latreille (xié-tesoura). *Goniopsis cruentata*. Latreille (aratús). *Balanus* sp e *Chthamalus* sp (cracas), moluscos representados por *Mytella falcata* (Orbigny,1846) (sururu). *Crassostrea rhizophorae* (Guilding,1828) (ostra-de-mangue). *Anomalocardia brasiliiana* (marisco-de-pedra) e *Tagelus plebeius* (unha-de-velho) (CPRH, 2001).

A bacia do rio Timbó apresenta significativas atividades industriais, representadas por setores têxteis, metalúrgicos, gráficos e alimentar (Tabela 02). (CPRH, 2001). Além disso, apresenta atividades relacionadas com hoteleira e veraneio, o que representa importante captação turística para os municípios relacionados com o estuário No tocante à pesca temos homens, mulheres e crianças que por técnica manual, embarcações variadas, redes de pesca e armadilhas retiram do estuário moluscos, peixes e crustáceos para sua subsistência e atividade comercial (IBAMA, 1998 *apud* CPRH, 2001).

Tabela 02 - Tipologia industrial e matérias primas das indústrias ao longo do rio Timbó.

TIPOLOGIA INDUSTRIAL	MATÉRIA-PRIMA	METAL USADO
Química	Soda Cáustica, solvente e produtos afins.	Alumínio, Chumbo, Cromo, Ferro.
Têxtil	Solventes, corantes, pigmentos.	Alumínio, Chumbo, Cromo, Ferro.
Gráficas	Papel, Tintas.	Chumbo, Cromo
Retífica	Óleo, aço, bronze.	Alumínio, Cádmio, Cobalto, Cromo, Níquel, Ferro.
Fundições	Poliuretano, Silicone.	Arsénio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Níquel, Ferro. Alumínio, Chumbo, Cromo, Ferro.
Perfumes, sabões,	Álcool parafina, Soda Cáustica, Essências.	Alumínio, Arsénio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Níquel.
Carpintaria	Cola, Solventes, Madeira, artefatos de ferro e alumínio.	Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Ferro.
Construção civil	Gesso, cimento, amianto.	

Fonte: Adaptado por Sérgio Santos do Cadastro da Indústria de Pernambuco 2006/2007 (FIEPE).

4. MATERIAL E MÉTODOS

As coletas dos bivalves da espécie *Mytella falcata* encontrados no leito do rio Timbó, foram realizadas em banco natural (Figura 02), único ponto de coleta explorado comercialmente por pescadores locais e posicionada em 07°52'29.9" S 34°51'20.2" W (Figura 03) com o uso de um GPS (Global Position System) modelo Etrex Summit Garmin. As coletas foram realizadas durante os períodos chuvoso e seco, nos meses de agosto e dezembro de 2007 em baixa-mar, respectivamente.



Figura 02. Coleta do *Mytella falcata* no estuário do rio Timbó.

Foto: Noronha, agosto/2007.

Não foram considerados sexo ou tamanho dos exemplares. Após a coleta, cerca de 300 espécimes com um peso total de 500g foram lavados no local com a própria água do rio, sendo acondicionados em sacos plásticos etiquetados, selados com fita adesiva, armazenados em caixa de isopor contendo gelo e encaminhados ao Laboratório de Qualidade de Água (LQA) da Associação de Tecnologia de Pernambuco ITE-OS para as análises químicas.



Estação de Coleta 

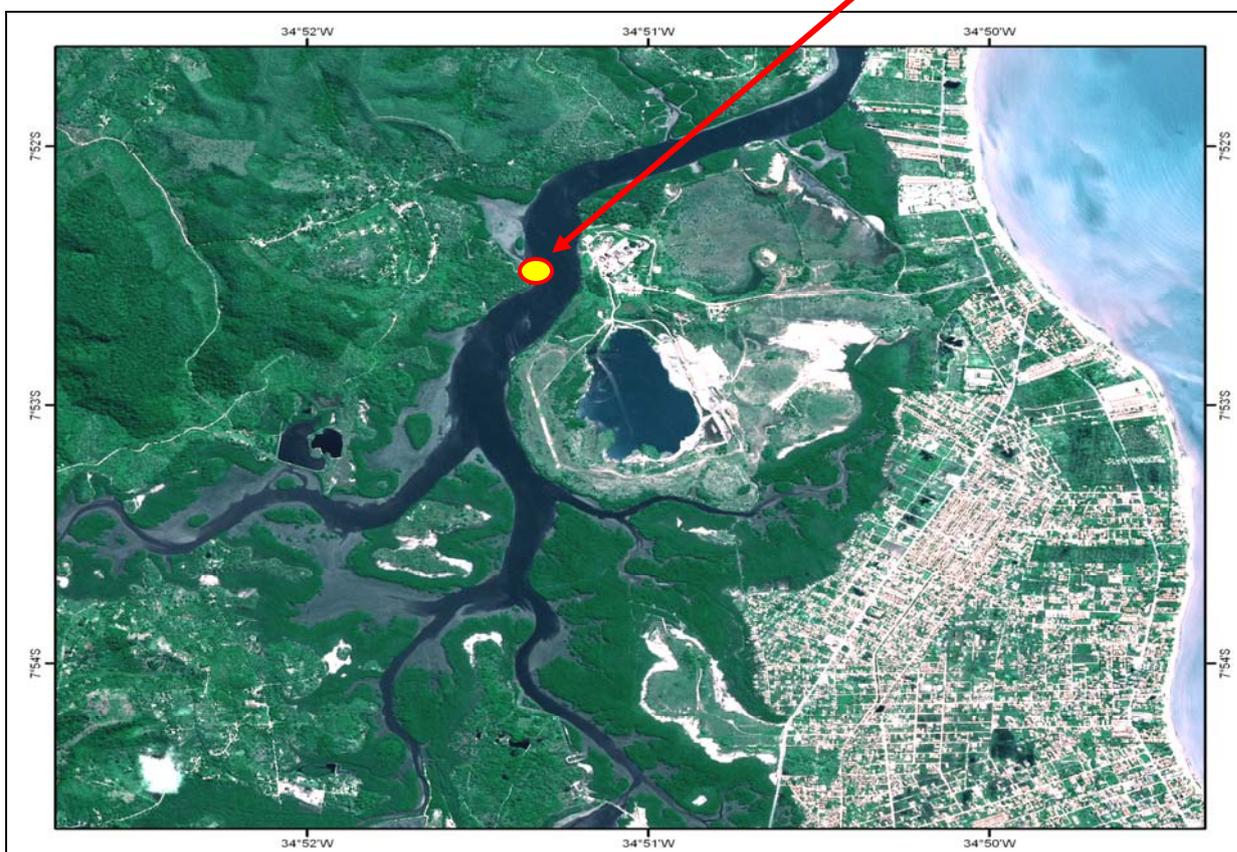


Figura 03 – Mapa do Brasil com destaque o Estado de Pernambuco e Localização do estuário do rio Timbó evidenciando a estação de coleta.

Fonte: ITEP – GEOINFORMAÇÃO. Imagem do satélite SPOT 5 -Combinação de Bandas 1, 2, 3 (RGB)

4.1 – Parâmetros hidrológicos

Os parâmetros transparência de água, temperatura, salinidade e potencial hidrogeniônico tiveram avaliação “*in loco*” de acordo com o Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater (APHA, 2005), na estação de coleta. Amostras superficiais de água para determinação do oxigênio dissolvido foram coletadas e levadas ao Laboratório de Qualidade de Água (LQA) da Associação de Tecnologia de Pernambuco ITEP-OS para realização da análise.

Transparência da água – Medida utilizando Disco de Secchi que apresenta 30 cm de diâmetro, preso a um cabo graduado em centímetros.

Temperatura – Feita pela utilização de um equipamento Condutivímetro marca WTW, modelo LF 330.

Potencial Hidrogeniônico – Foi usado um pHmetro da Metronal E – 120.

Salinidade – Método de Mohr-Knudsen, descrito por Strickland & Parsons (1972).

Oxigênio dissolvido (OD) - Por amostras de água do ponto de coleta do estuário, sendo fixadas “*in situ*” e medida pelo Método de Winkler modificado (STRICKLAND & PARSONS, 1972), no Laboratório de Qualidade de Água (LQA) da Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). A taxa de saturação de oxigênio foi calculada segundo a International Oceanographic Table (UNESCO, 1973).

4.2 – Preparação e análises químicas das partes moles do *Mytella falcata* (Orbigny, 1846).

No laboratório os bivalves foram lavados com água corrente, sendo abertos com auxílio de uma faca de aço inox. Retirando-se as partes moles com o auxílio de uma espátula plástica. Cerca de 300g do material orgânico foi pesado em uma balança analítica (marca Marte) com capacidade para até 1.000g. Dessa amostra foram pesadas em triplicata no valor de 1g em cadinho de porcelana em balança analítica (marca Tecnal) com capacidade para até 120g. Todas as amostras foram secas em

estufa (105° C) por 24 horas. Após resfriamento, o material contido nos cadinhos foi calcinado a 950° C por 30 minutos. Após novo resfriamento até a temperatura ambiente (25° C) o material foi dissolvido com 5ml de solução de ácido nítrico (HNO₃) (1+1), transferido para balão volumétrico de 100mL, sendo o volume completado com água purificada pelo sistema Milli-Q (Millipore) e o resultado para metais obtido por quantificação no Espectrômetro de Emissão Ótica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) conforme recomendado pela Official Methods of Analysis (AOAC) (2000). (Figura 04),

Para fins de interpretação dos resultados dos metais foram usados como os valores estabelecidos pela legislação Brasileira (Portaria do MS nº 685/1998 e Decreto do MS 55.871/1965) para o zinco e cobre, valores de referência para o manganês recomendados pela *Environmental Protection Agency* (EPA) que adota o critério de 3,99 mg.kg⁻¹ em organismos marinhos destinados ao consumo humano e o da World Health Organization (WHO) para o ferro que adota um valor diário tolerável de 0,8 mg.kg⁻¹. Para o alumínio não foi encontrado valores de referência em organismos marinho.

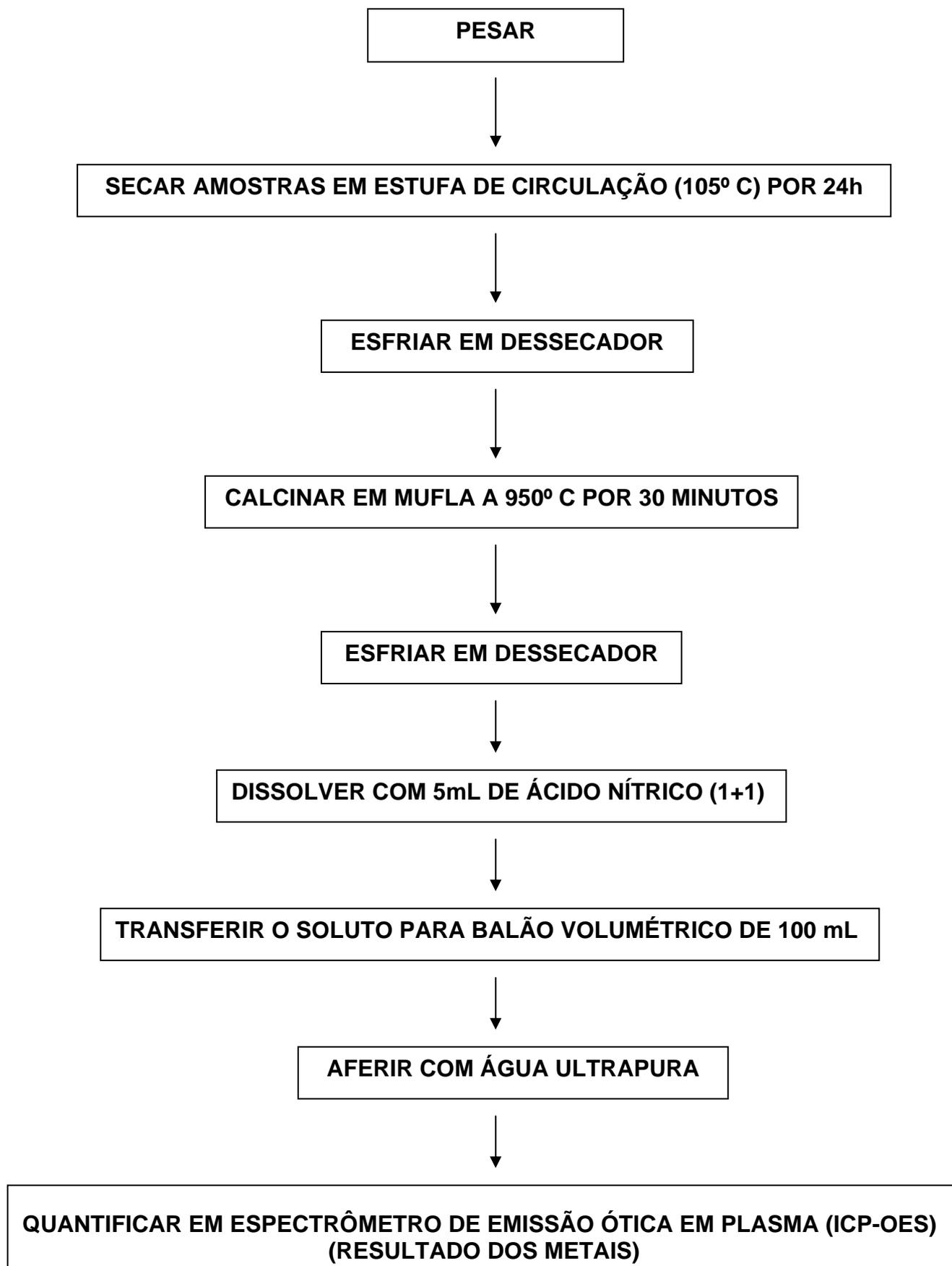


Figura 04 – Fluxograma da metodologia para preparação e análises químicas das partes moles do *Mytella Falcata*.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Parâmetros Hidrológicos

Os estuários são regiões costeiras interligadas com as mais diversas influências ambientais, tais como a ação dos rios, clima e mar. Por sua vez, essas condições podem interferir nos padrões hidrológicos locais. Greco (2004) cita que mudanças significativas em certos parâmetros ambientais, tais como saturação de oxigênio, nutrientes e a presença de espécies bioindicadoras de área poluída indicam uma forte ação antrópica no ambiente.

Fatores como temperatura e precipitação pluviométrica influenciam o desenvolvimento do manguezal, assim como as temperaturas médias que devem ser acima de 20°C e mínimas de até 15°C.

Outro fator importante é a salinidade do solo e da água que podem interferir no desenvolvimento das espécies do manguezal como na altura das árvores e na quantidade das suas folhas (CPRH 2004).

5.1.1 Transparência da Água

A transparência da água durante o período estudado no estuário do rio Timbó, apresentou valor de 55cm no período chuvoso e de 85cm no período seco com variação média de 70cm em regime de baixa-mar. Greco (2004), no estuário do rio Timbó, registrou menor valor médio 30cm, em 03 de maio, e 260cm, em 02 de dezembro, ambos em baixa-mar. Noronha (2008) determinou, durante estudo de sedimentos no estuário do rio Timbó, valor médio de 68 cm, sendo que o mínimo registrado foi de 15 cm em agosto/2007 e o máximo de 140 cm em julho/2007.

5.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH da água nos períodos estudados, apresentou valor de 8,0. Greco (2004) registrou valor mínimo de 7,87 na estação seca e máxima de 8,66 na estação chuvosa, ambos durante a baixa-mar. Noronha (2008) registra valor médio de 8,0

com mínimo de 7,4 em janeiro/2008 e um máximo de 9,0 em dezembro/2007 em baixa-mar. Os valores do presente trabalho se enquadram nos limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N^o 357/2005 que determina para águas salinas (destinadas à pesca amadora e recreação), valores de pH de 6,5 a 9,0.

5.1.3 Salinidade

A salinidade da água, durante o período estudado, apresentou valor mínimo de 33,1‰ na estação chuvosa e valor máximo de 33,9‰ na estação seca, com variação média de 33,5‰ em regime de baixa-mar. Greco (2004) registrou valor mínimo de 11,0‰ em maio/03 durante a baixa-mar e valor máximo de 33,9‰ em dezembro/02 durante a preamar. Noronha (2008) registra salinidade com valor médio de 30,6‰, sendo o mínimo de 17,5‰ em agosto/2007 e máximo de 41‰ em dezembro/2007 em baixa-mar. Os valores obtidos neste trabalho se encontram classificados como águas salinas conforme o CONAMA N^o 357/2005 que define salinidade igual ou superior a 30 ‰ para as mesmas.

5.1.4 Temperatura

A temperatura da água, durante o período estudado, apresentou valor mínimo de 27°C na estação chuvosa e valor máximo de 29°C na estação seca com variação média de 28°C em regime de baixa-mar. Greco (2004) registrou valor mínimo de 25,5°C em julho/03 durante a baixa-mar e valor máximo de 30°C em dezembro/02 durante a preamar. Segundo Noronha (2008), a temperatura da água no estuário do rio Timbó, durante o período do estudo, apresentou valor médio de 28,9°C sendo que a mínima registrada foi de 26°C em julho/2007 e a máxima de 32°C em janeiro/2008 em baixa mar.

5.1.5 Oxigênio dissolvido

A oxigênio dissolvido da água, durante o período estudado, apresentou mínimo observado de 4,1 mL.L⁻¹ na estação chuvosa e valor máximo de 8,7 mL.L⁻¹ na

estação seca, com variação média de $6,6 \text{ mL.L}^{-1}$ em regime de baixa-mar. Greco (2004) registrou teores de oxigênio dissolvido nas estações de estudo decrescendo em relação ao aporte continental registrando em julho/03 valor mínimo de $1,30 \text{ mL.L}^{-1}$ durante a baixa-mar e valor máximo de $7,13 \text{ mL.L}^{-1}$ durante a preamar.

Noronha (2008) registrou valor médio de $7,8 \text{ mL.L}^{-1}$ em julho/2007, um mínimo de $3,4 \text{ mL.L}^{-1}$ e valor máximo de $13,3 \text{ mL.L}^{-1}$ em julho/2007 em baixa-mar. Conclui Noronha que, a partir dos resultados para parâmetros hidrológicos obtidos no estuário do rio Timbó, a qualidade da água se encontra comprometida em relação aos valores para oxigênio dissolvido (OD), o que indica eutrofização.

5.1.6 Taxa de Saturação de Oxigênio Dissolvido

O percentual da taxa de saturação de oxigênio dissolvido durante o período estudado apresentou um valor mínimo de 87,9% na estação chuvosa e um valor máximo de 195,1% na estação seca, com uma média de 141,5%. Noronha (2008) apresenta valor médio de 178,2%, sendo o mínimo registrado de 70,4% em julho/2007 e valor máximo de 283,3% em janeiro/2008.

Os resultados hidrológicos obtidos neste trabalho são característicos de regiões estuarinas tropicais e corroboram os outros supracitados (Tabela 03)

Tabela 03 – Parâmetros hidrológicos avaliados nas coletas de *Mytella falcata* em agosto de 2007 e dezembro de 2007 no estuário do rio Timbó.

Parâmetros Hidrológicos	Agosto de 2007	Dezembro de 2007
Transparência da água (cm)	55	85
pH	8,0	8,0
Salinidade ‰	33,1	33,9
Temperatura (°C)	27	29
Oxigênio dissolvido (mL.L^{-1})	4,1	8,7
Taxa de saturação de O_2 (%)	87,9	195,1

Tabela 04 – Parâmetros hidrológicos comparativos.

Autores	Transparência de Água (cm)		Potencial Hidrogeniônico (pH)		Salinidade ‰		Temperatura (°C)		Oxigênio Dissolvido (mL.L ⁻¹)		Taxa de Saturação de O ₂ (%)	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Sérgio (2007)	85	55	8,0	8,0	33,9	33,1	29	27	8,7	4,1	195,1	87,9
Greco (2004)	260	30	7,87	8,60	11,0	33,9	25,5	30	1,30	-	-	-
Noronha (2008)	75	50	8,1	8,2	41	17,5	30	27	9,8	8,0	221,3	168.5

5.2. Concentrações de metais pesados na *Mytella falcata* (Orbigny, 1846).

O presente trabalho visou determinar as concentrações de Zn, Mn, Cu, Fe, Al, Cd, Ni, Ba e Cr no molusco bivalve *Mytella falcata*. Porém o cádmio, níquel, bário e cromo se encontravam com valores abaixo do limite de quantificação do método utilizado, portanto, não foram considerados.

Como o estuário do rio Timbó está relacionado com vários setores industriais, fontes de provável contaminação por metais pesados, é de se considerar a ação antrópica já que, além da influência de efluentes domésticos e industriais, temos uma grande circulação de água no estuário o que leva a uma distribuição rápida de partículas em suspensão.

Para avaliar o grau de impacto dos metais na matriz estuarina foi utilizado como referência os Valores Máximos Permitidos (VMP) para metais pesados presente em alimentos propostos pela legislação brasileira (Tabela 05).

Tabela 05 – Valores Máximos Permitidos (VMP) para metais pesados presente em alimentos conforme Legislação Brasileira e Internacional.

Legislação	Metais (mg.kg⁻¹)									
	Zn	Mn	Cu	Fe	Al	Cd	Ni	Ba	Cr	
Brasil, Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998.	-	-	10,0	-	-	1,0	-	-	-	-
Brasil, Decreto 55.871 de 26 de março de 1965.	50,0	-	30,0	-	-	1,0	5,0	-	0,10	
<i>Environmental Protection Agency (EPA)</i>	*3,99									
World Health Organization (WHO)	*0,8									

* Valor diário de consumo.

Para o alumínio não foi encontrado valores de referência em organismos marinho.

5.2.1 Zinco

A concentração média para o zinco (Zn) foi de 6,1 mg.kg⁻¹, em agosto de 2007, apresentando valores mais elevados de 11,8 mg.kg⁻¹ em dezembro de 2007 (Figura 05).

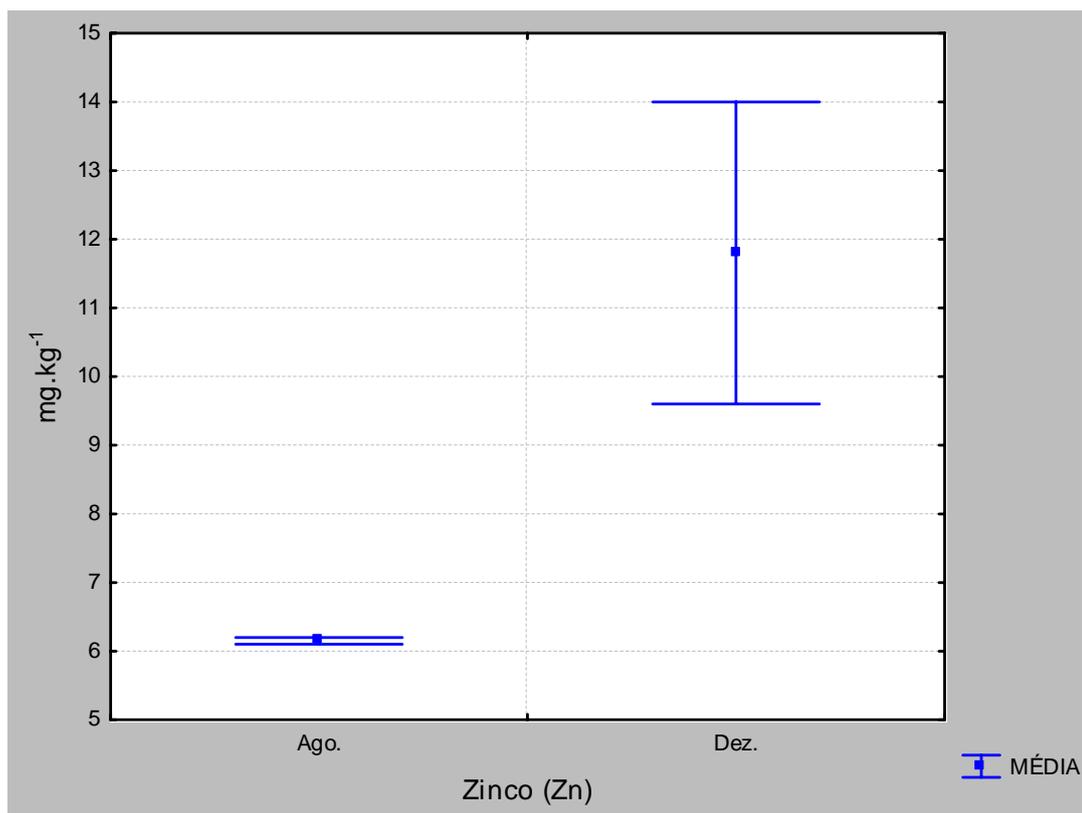


Figura 05 - Variação na concentração de zinco (Zn) em *Mytella falcata* em (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.

Resultados variando entre 49,1 a 76,3 mg.kg⁻¹, maiores que os observados no presente trabalho, foram obtidos por Carvalho (2000) no estuário do rio Bacanga, São Luis, Maranhão. Magnago (2008) obteve em ostra japonesa *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) valor de 121,60 mg.kg⁻¹ e em mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) 93,16 mg.kg⁻¹ na enseada do Brito, Santa Catarina, acima do valor máximo do permitido pela Legislação Brasileira que é de 50,0 mg.kg⁻¹. Foi encontrado por Cavalcanti (2003) concentrações de 196,20 mg.kg⁻¹ em ostras *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) do canal de Santa Cruz, Itapissuma, comercializadas em Recife, Pernambuco. Valores do metal no sedimento do estuário do rio Timbó por Noronha (2008) apresentaram variações em relação às estações estudadas com média de 205 mg.kg⁻¹ no período chuvoso, 106 mg.kg⁻¹ no período seco e valor médio geral de 155 mg.kg⁻¹. Embora esse metal tenha sido encontrado em altas concentrações no sedimento os resultados obtidos nesse trabalho indicam que este ainda não foi disponibilizado para a biota representada pelo *Mytella falcata* uma vez que o pH do meio se encontra alcalino immobilizando-os no sedimento.

5.2.2 Manganês

A concentração média para o manganês foi de $4,3 \text{ mg.kg}^{-1}$, em agosto de 2007 e de $3,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ em dezembro de 2007 (Figura 06).

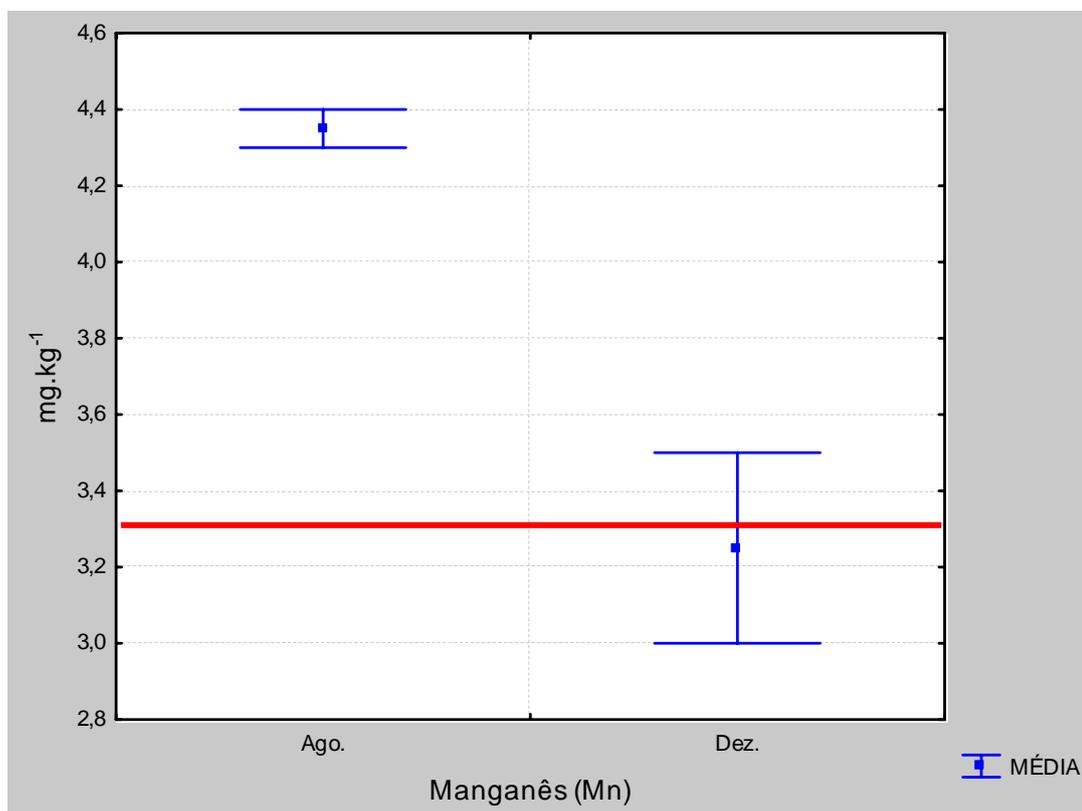


Figura 06 - Variação na concentração de manganês (Mn) em *Mytella falcata* em (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.

— 3,99 mg.kg^{-1} Valor diário máximo permitido adotado pelo (EPA).

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os valores encontrados por Cavalcanti (2003) em ostras do canal de Santa Cruz, Itapissuma, comercializadas em Recife, Pernambuco, onde encontrou valores de $3,03 \text{ mg.kg}^{-1}$. Noronha (2008) cita concentrações médias para o manganês no sedimento do rio Timbó de 127 mg.kg^{-1} no período chuvoso, 148 mg.kg^{-1} no período seco e valor médio geral de 138 mg.kg^{-1} , valores acima dos encontrados no presente trabalho o que indica que o metal do sedimento ainda não foi disponibilizado para a biota representada pelo *Mytella falcata*.

5.2.3 Cobre

A concentração média para o cobre foi de 1,2 mg.kg⁻¹, em agosto de 2007 e de 7,0 mg.kg⁻¹ em dezembro de 2007 (Figura 07).

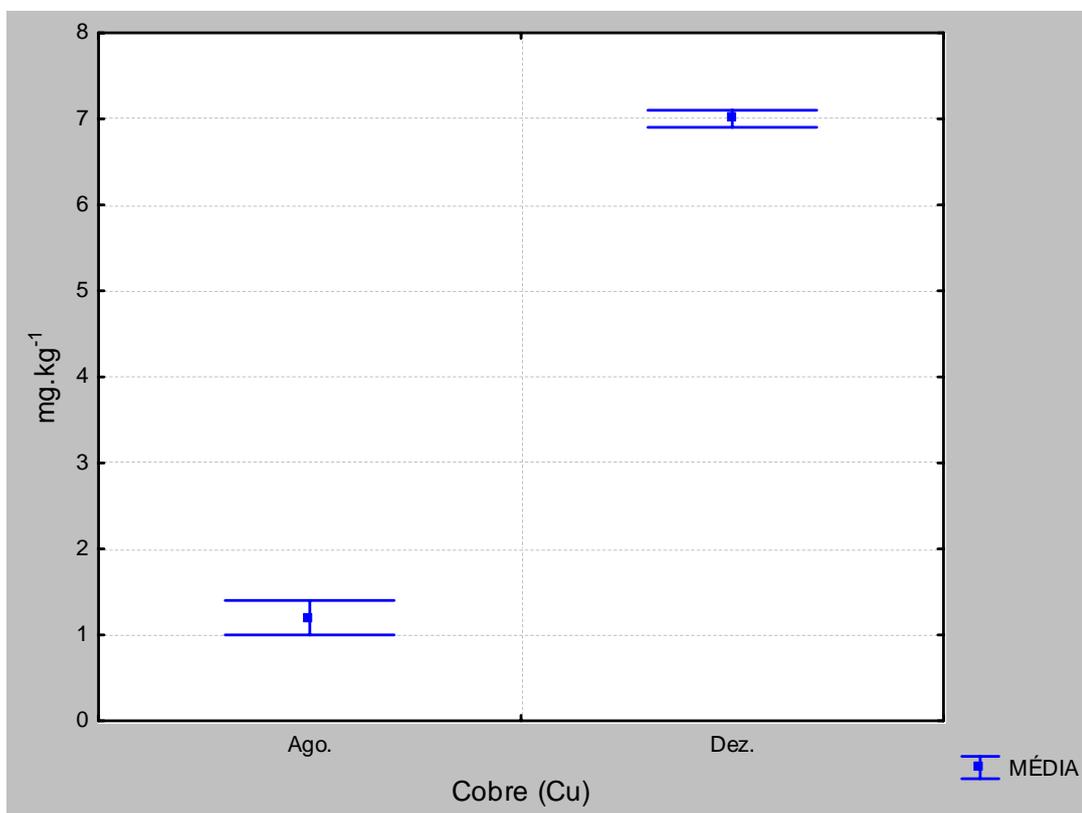


Figura 07 - Variação na concentração de cobre (Cu) em *Mytella falcata* em (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.

Resultados superiores aos encontrados no presente trabalho 27,33 mg.kg⁻¹ foram observados por Rojas *et al*, (2007) em *Mytella falcata* no estuário do rio Bacanga, São Luis, Maranhão. Soares (2002) em *Crassostrea rhizophorae* (Guilding,1828) no estuário do rio Açú-Piranhas, Rio Grande do Norte encontrou valores de 127 mg.kg⁻¹, quantificação muito além do verificado no estudo do estuário do rio Timbó. Machado *et.al.*, (2002) em *Crassostrea rhizophorae* (Guilding,1828) no estuário de Cananéia, São Paulo indicou valor de 2,6 mg.kg⁻¹ que é intermediário aos valores do cobre. Carvalho (2000) em *Mytella falcata* no estuário do rio Bacanga, São Luis, Maranhão cita valores de 5,2 e 13,1 mg.kg⁻¹. Os resultados obtidos neste trabalho estão conforme o VMP da legislação Brasileira.

5.2.4 Ferro

A concentração média para o ferro foi de $47,9 \text{ mg.kg}^{-1}$, em agosto de 2007 e de $38,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ em dezembro de 2007 (Figura 08).

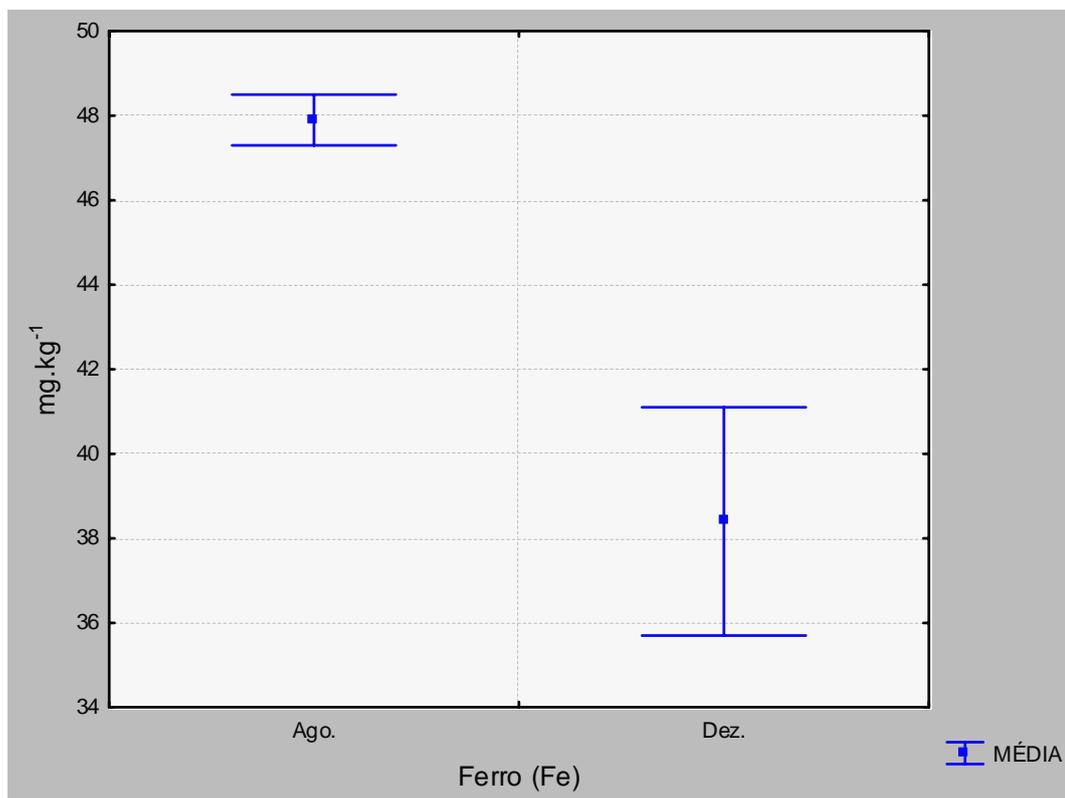


Figura 08 - Variação na concentração de ferro (Fe) em *Mytella falcata* em (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.

O ferro é um micronutriente importante na nutrição humana, e devido aos altos índices de anemias carenciais em nossa população, tem sido bastante utilizado em programas de fortificação de alimentos. O conhecimento do teor original de ferro nos alimentos torna-se indispensável (PEDROSA, 2001).

Cavalcanti (2003) em ostras *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) do canal de Santa Cruz, Itapissuma, comercializadas em Recife, Pernambuco encontrou valores para o ferro na ordem de $44,21 \text{ mg.kg}^{-1}$. Noronha (2008) encontrou concentrações de ferro para o sedimento do rio Timbó com média de $24.592 \text{ mg.kg}^{-1}$ no período chuvoso, $24.237 \text{ mg.kg}^{-1}$ no período seco e valor médio geral de $24.415 \text{ mg.kg}^{-1}$, valores acima dos verificados nesse trabalho o que indica que o metal do sedimento

ainda não foi disponibilizado para a biota representada pelo *Mytella falcata* uma vez que o pH do meio se encontra alcalino.

5.2.5 Alumínio

A concentração média para o alumínio foi de 185,7 mg.kg⁻¹, em agosto de 2007 e de 143,1 mg.kg⁻¹ em dezembro de 2007 (Figura 09).

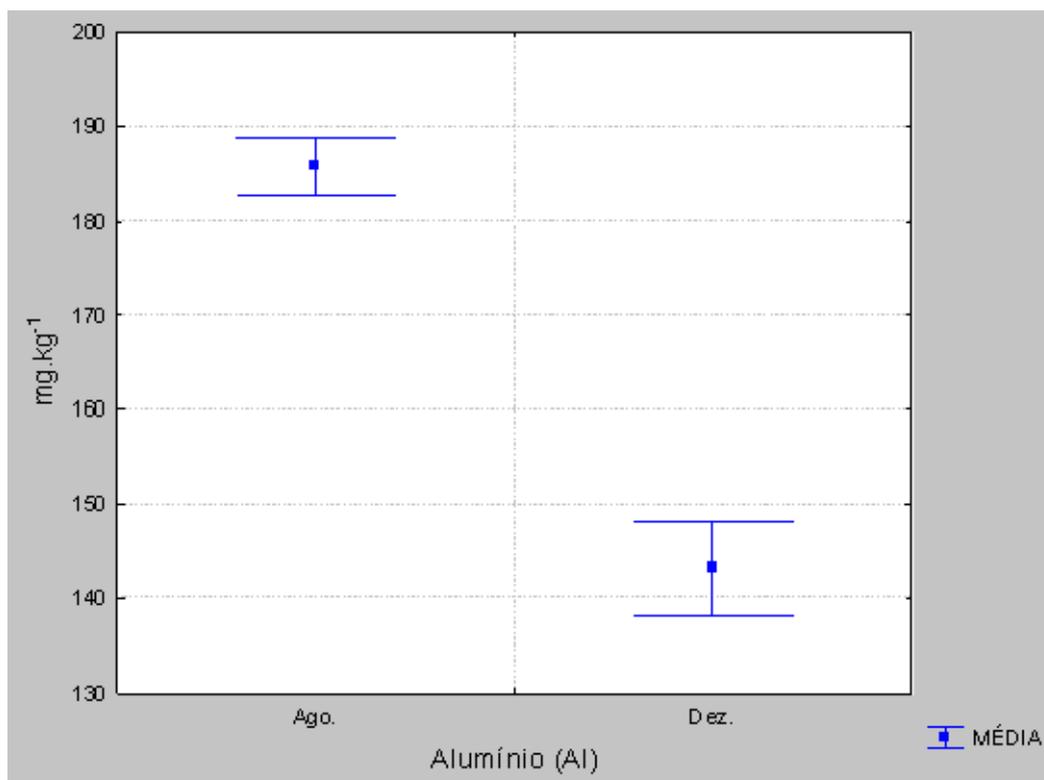


Figura 09 - Variação na concentração de alumínio (Al) em *Mytella falcata* em (agosto de 2007) e (dezembro de 2007) no estuário do rio Timbó.

O alumínio apresentou maiores valores que os outros metais avaliados. Segundo Jeronymo *et al*, (1998) sob condições fisiológicas normais, a dieta habitual fornece de 5 a 10 mg de alumínio por dia, que são, quase totalmente, eliminados por filtração glomerular renal. O total de alumínio ligado ao organismo em humanos considerados saudáveis é algo em torno de 30 a 50 mg Azevedo *et al.*, 2003. Nas situações em que a ingestão exceder 1.000 mg/dia e/ou os mecanismos de eliminação forem insuficientes pode ocorrer retenção e conseqüente acúmulo desse metal em tecidos, acarretando várias disfunções como anorexia, cefaléia, crises convulsivas, demência pré-senil, mal de Alzheimer e doença de Parkinson, e diminuição das funções hepáticas e renais.

6. – CONCLUSÕES

Os resultados dos parâmetros hidrológicos neste trabalho encontram-se dentro dos valores determinados pelo CONAMA nº 357/2005 para águas salinas e pela literatura, não interferindo até o momento nas concentrações de metais obtidas no *Mytella falcata* objeto desse estudo.

Os resultados encontrados no bivalve estudado para Zn e Cu estiveram dentro dos valores máximos permitidos pela legislação brasileira.

Para o Mn o valor médio obtido para a estação seca foi abaixo do recomendado pela EPA e, na estação chuvosa estes se apresentaram acima do recomendado.

Quanto aos valores de ferro, os resultados apresentaram-se em média acima do valor diário tolerável da WHO, resultados que implicam em riscos aparentes ao consumo humano.

7. – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Ampliar o estudo geoquímico sobre os metais na biota estuarina através do monitoramento das concentrações de metais pesados no molusco *Mytella falcata* realizando coletas trimestrais.
- Avaliar as implicações citológicas da deposição metálica nos tecidos moles do *Mytella falcata* (Orbigny, 1846) e outros bivalves bioindicadores de contaminação por metais do estuário do rio Timbó.
- Propor ações educativas ecológicas e sanitárias junto à população de pescadores e do entorno ao estuário do rio Timbó que permitam uma utilização da região estuarina de forma sustentável.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - CPRH. **Bacias Hidrográficas**: relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco - 2001. Disponível em <http://www.cprh.pe.gov.br/frme-index-secao.asp?idsecao=36> Acesso em: 12 nov. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Planejamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/PlanejHidrologico/default.asp> .Acesso em: 20 set. 2007.

AMARAL, Maria Clara Rebouças do. **Estudo da acumulação e depuração de metais pesados através do experimento de transplante da ostra *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater**. 21. ed. New York: APHA, 2005.

ANDREA, Gracio Coimbra. **Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimentos nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2003. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense, 2003.

(ATSDR) AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Toxicological profile for copper. Syracuse: US Department of Commerce, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

ASTUDILLO, Rojas; YEN, Chang. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. **Revista de Biología Tropical**, Costa Rica, v. 53 (Supl. 1), p. 41-53, May. 2005.

BRASIL. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Dispõe sobre normas regulamentadoras do emprego de aditivos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 abr. 1965, Seção 1.

BRASIL. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Fixa limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 set. 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18mar.2005.<<http://mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 05 nov. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 11356-11367, 30 jul. 1986.

BRUSCA, Richard C; BRUSCA, Gary J. **Invertebrates**. 2. ed. Massachusetts: Ed. Sinauer Associates, Inc. 2003.

BRYON, Maria Eliane Queiroga. **Desenvolvimento Urbano X Meio Ambiente: a relação da ocupação do espaço urbano com os recursos naturais remanescentes. O caso das áreas estuarinas da Região Metropolitana do Recife (RMR)**. Recife: UFPE, 1994. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 1994.

CARVALHO, G. P. et al. Preliminary assessment of heavy metal levels in *Mytella falcata* (Bivalvia, Mytilidae) from Bacanga River estuary, São Luís, State of Maranhão, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 1, p. 11-16, fev. 2000.

CASTILLO, Isabel. et al. Niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón, perna perna, cultivado en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. **Zootecnia Tropical**, v. 23, n. 2, p.141-154, abr. 2005.

CAVALCANTI, André Dias. Monitoramento da contaminação por elemento traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p. 1545-1551, set-out., 2003.

COSTA, D. F. S. et al. Análise da ação antrópica sobre uma faixa de mangue no estuário do rio Apodi/MOSSORÓ (RN). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu, MG. **Anais...** Rio Grande do Norte: UFRN, Laboratório de Ecologia do Semi-Árido, 2007. p. 1-2.

COTTA, Jussara A. O.; RESENDE, Maria O. O.; PIOVANI, Mônica R.. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no parque estadual turístico do alto da Ribeira – Petar, São Paulo, Brasil. **Revista Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 40-45, nov. 2005.

EPA. Water Quality Criteria. Ecological. **Environmental**. Protection Agency. Washington, D. C., 1972. 594 p. 10. Eysink, G.; de Pádua, H.B.; Martins. Disponível em: <www.ial.sp.gov.br/publicacao/revista/2002/n1/913.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2007.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Cadastro Industrial de Pernambuco 2006/2007**. Recife, 2007. 556 p.

FERREIRA. A. G.; Machado, A. L. S.; ZALMON, I. R. Variação temporal e espacial da concentração de metais pesados na ostra *Ostrea equestris* na costa norte do Estado do Rio de Janeiro, **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 1, p. 67-76, fev. 2005.

FIDEM. **Plano de desenvolvimento metropolitano. PDM**. Recife: 1983.

FREIRE, G.S.S. & Oliveira, A.M.E. 1993. **Mangroves of northeastern Brazil**. p: 14-15. In: Lacerda, L.D. & Field, C.D. (ed.) **Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions**. ITTO/ISME, Okinawa.

GONÇALVES, Rosemary; FREIRE, George; NETO, Vicente. Determinação das concentrações de cádmio, cobre, cromo e zinco, na ostra *Crassostrea rhizophorae* dos estuários dos rios Cocó e Ceará. **Revista de Geologia**, v. 20, n. 1, p. 57-63, 2007.

GRECO, Cristiana Kelly da Silva. **Distribuição espacial e sazonal da composição e biomassa fitoplanctônica correlacionadas com a hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista, Pernambuco)**. Recife: UFPE, 2004. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

HERZ, R. 1991. **Manguezais do Brasil**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 227 p.

IBAMA, Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC) IBAMA (2006). <http://siscom.ibama.gov.br/sitecsr/index.php?page=zona-costeira>

JERONYMO, Solange; FUJIMURA, Aparecida H. Y. Dosagem de alumínio no soro de indivíduos sadios e em pacientes com insuficiência renal crônica mantidos ou não em tratamento dialítico. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 20, n. 2, p. 144-150, 1998.

MACHADO, Ingrid C. et al. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 61, n. 1, p. 13-18, 2002.

MACHADO, L. M. et al. Trace metals on the Algarve coast, II: Bioaccumulation in mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). **Boletín do Instituto Español de Oceanografía**, v. 15, n. 1-4, p. 465-471, 1999.

MAGNAGO, Rachel Faverzani, MELLO, Henrique Raupp Falcão de. Análise da ocorrência de metais pesados na ostra japonesa e no mexilhão na enseada de Brito – Sc – Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 58., 2006, Florianópolis. **Anais...** Santa Catarina, UNISUL, 2006.

MAIA, Luis Parente. **Atlas dos Manguezais do Nordeste do Brasil**, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2006.

MELO, Ruthe Helena Marques Correia. **Estudo da concentração de metais pesados em ostra *Crassostrea rhizophorea* no sedimento e água do manguezal do rio Potegi**. Natal: UFRN, 2004. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2004.

MOURA, Maria de Fátima Vitória de. et al. Determinação de minerais em moluscos de estuário potiguar. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, 16., 2005, Natal. **Anais...** Rio Grande do Norte: UFRN, 2005.

NORONHA, Tibério Jorge Melo de. **Avaliação das concentrações de metais pesados em sedimentos do estuário do rio Timbó**. Recife: ITEP, 2008. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 2008.

Official Methods of Analysis 17.th Edtion, vol 1, 2000.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa quantitativa**. Recife: Ed. Bargaço, 2005.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. Rio de Janeiro: Impetus, 2003.

PARANAGUÁ, Maryse Nogueira. **Distribuição, Ecologia e Desenvolvimento de *Mytella falcata* (D'ORBIGNY, 1846) nos Estados do Rio de Janeiro e Guanabara**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 1974. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 1974.

PEDROSA, Lucia de Fátima Campos; COZZOLINO, Silvia ária Franciscato. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 154-157, maio-ago. 2001.

PEREIRA, Orlando. et al. Determinação dos teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em Moluscos (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* e *Mytella falcata*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 61, n. 1, p. 9-25, 2002.

PERNAMBUCO. Decreto estadual nº 24.017, de 07 de fevereiro de 2002. Aprova Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro - ZEEC do Litoral Norte do Estado de Pernambuco e dá outras providências. **CPRH:** Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/dec24017.doc>> . Acesso em: 12 nov. 2007.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 9.931. de 11 de dezembro de 1986 – Define como áreas de proteção ambiental as reservas biológicas constituídas pelas áreas estuarinas do Estado de Pernambuco. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco.** Poder Executivo, Recife, 12 de dezembro de 1986.

PINTO, Luciana Madeira De Oliveira. **Implicações da contaminação por metais pesados no meio ambiente da baía de Sepetiba e entorno: o caso da Cia mercantil Ingá.** Niterói: Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, 2005. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

ROJAS, Mariano, CAVALCANTE, Paulo, SOUZA, Rogério, Dourado, Elaine. Teores de zinco e cobre em ostra (*Crassostrea rhizophorae*) e sururu (*Mytella Falcata*) do estuário do rio Bacanga em São Luís (MA). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, Março, 2007.

RUELAS & OSSUNA, F. Paez. **Biodisponibilidade comparativa de vestígios de metais utilizando três filtro-alimentador organismos em um ambiente costeiro subtropical (extremo sudeste do Golfo da Califórnia)**, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, MEXIQUE, 2000.

RUPPERT, Edward E; BARNERS, Robert D. **Zoologia dos invertebrados.** 6. ed. São Paulo: Ed. Roca, 1996.

SARAIVA, Erika Milena de Souza. **Avaliação da contaminação por metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Ne, Pb, Zn) nos manguezais dos rios Aribiri, Bubu e Santa Maria da Vitória, Grande Vitória, ES, utilizando *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) e *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) como biomonitores.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Espírito Santo, 2002. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, 2002.

SASIKUMAR, G.; Krishnakumar P. K.; Bhat G. S. Monitoring trace metal contaminants in green mussel, *Perna viridis* from the coastal waters of Kamataka Índia. **Arch Environm Contam Toxicol**, v. 51, n. 2, p. 206-214, ago. 2006.

SILVA, C. A. R.; SOARES, A. M. B. Especiação e concentração de metais pesados nos sedimentos superficiais e nas ostras *Crassostrea rhizophorae* no estuário do rio Açú: Dados preliminares. In: WORKSHOP TÉCNICO-CIENTÍFICO (Projeto PETRORISCO), 3., 2004, Belém. **Anais...** Natal: Departamento de Oceanografia e limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.

SILVA, Héliida Karla Phillipini da. **Concentrações de metais pesados nos sedimentos do estuário do rio Capibaribe, Região Metropolitana do Recife**

(RMR), Pernambuco, Brasil. Recife: UFPE, 2004. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SILVA, Maria Raimunda Chagas. **Estudo de sedimentos da bacia hidrográfica de Mogi-Guaçu, com ênfase na determinação de metais.** São Carlos: USP/IQ, 2002. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2002.

SZEFER, P. et al. Distribution and coassociations of trace elements in soft tissue and byssus of *Mytilus galloprovincialis* relative to the surrounding seawater and suspended matter of the southern part of the Korean Peninsula. **Environmental Pollution**, v. 129, n. 2, p. 209-228, 2004

UNESCO. International Oceanographic Table. **Opeat Britain Wormly**, n. 2, 1973. 141 p.

VILLE, Claude A. et al. **Zoologia Geral.** Rio de Janeiro: Discos CBS, 1985.

UMBUZEIRO Gisela de Aragão; Roubicek, Débora ; Stoppe, Nancy C; Rodrigues, Paulo Fernando; Rech, Célia Maria Rech; Coimbrão, Carlos Alberto; Sato, Maria Inez Zanoli. **Caracterização de amostras de sedimento hídrico do estuário de Santos, São Paulo utilizando análises de toxicidade aguda e genotoxicidade e quantificação de bactérias dos ciclos bioquímicos**, BIREME/OPAS/OMS - Biblioteca Virtual em Saúde, Mundo saúde (1995);28(4):436-443, out.-dez. 2004.

WALNER-KERSANCH, H. et al. Accumulation and elimination of trace metals in a transplantation experiment with *Crassostrea rhizophorae*. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 38, n 1, Jan. 2000.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelins for drinking-water quality recommendations.** 2nd ed. Genevre.v.1. 1993.

WOOD, J. M. Biological cycles for toxic elements in the environment. **Science**, v. 183,

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)