

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE
MESTRADO EM SAÚDE E AMBIENTE**

HINAYARA RODRIGUES BARROS RODRIGUES

**MACROFAUNA BENTÔNICA DE SUBSTRATOS MÓVEIS DOS
MANGUEZAIS DO ESTUÁRIO DO RIO PACIÊNCIA SOB IMPACTO DAS
ATIVIDADES HUMANAS, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL**

São Luís

2011

HINAYARA RODRIGUES BARROS RODRIGUES

**MACROFAUNA BENTÔNICA DE SUBSTRATOS MÓVEIS DOS
MANGUEZAIS DO ESTUÁRIO DO RIO PACIÊNCIA SOB IMPACTO DAS
ATIVIDADES HUMANAS, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Saúde e
Ambiente da Universidade Federal do Maranhão para
à obtenção do título de Mestre em Saúde e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

São Luís

2011

Rodrigues, Hinayara Rodrigues Barros.

Macrofauna bentônica de substratos móveis dos manguezais do estuário do rio paciência sob impacto das atividades humanas, ilha de são luís, maranhão, brasil./ Hinayara Rodrigues Barros Rodrigues. – 2011.
- 71 páginas.

Orientador: Antonio Carlos Leal de Castro.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Maranhão,
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, 2011.

1. Ecossistemas aquáticos-Impacto-Saúde pública –MA 2. Organismos Bentônicos 3. Estuário 4. Rio Paciência I. Título

CDU 614: 574. 5 (812.1)

**MACROFAUNA BENTÔNICA DE SUBSTRATOS MÓVEIS DOS
MANGUEZAIS DO ESTUÁRIO DO RIO PACIÊNCIA SOB IMPACTO DAS
ATIVIDADES HUMANAS, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL**

Hinayara Rodrigues Barros Rodrigues

Aprovada em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Odilon Teixeira de Melo

Universidade Federal do Maranhão

Prof^a. Dr^a. Ana Tereza Lyra Lopes

Secretaria Estadual de Meio Ambiente

Prof^a. Dr^a. Adenilde Ribeiro Nascimento

Universidade Federal do Maranhão

Encontro das Águas

fio de água
brotado de pedra
em minha aldeia
arrasta-se
caminha
desvia
corre
encontra
outras águas
paridas por pedras
ou vindas do chão
de muitas outras
anônimas aldeias
misturam-se
caminham
desviam
correm
encontram
a água grande
soma de tantas
brotadas de pedras
nascidas do chão
de qualquer lugar
misturadas em oceano
rio miúdo
mar grande
oceano que nos confunde
onda que te invade:
minha aldeia
em tua cidade...
Rosane Coelho

A minha mãe e ao meu irmão, Vera e Erisneu e ao meu marido José Lins. *In Memorian* ao meu pai, Manoel.

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente a Deus, pois em noites traiçoeiras e quando a cruz parecia ser mais pesada que minhas forças, ele me fez firme como uma rocha;
- Ao meu pai, Manoel Barros (*in memoriam*) pelo amor, carinho, lembranças maravilhosas, saudade e por fazer uma pessoa melhor;
- A minha mãe, Vera Lúcia Barros e ao meu irmão pelo incentivo constante para que esse dia fosse possível e por toda dedicação e amor;
- Ao meu marido José Lins pelo companheirismo, dedicação e amor.
- Ao meu Orientador Antonio Carlos Leal de Castro, pela oportunidade da realização desse trabalho, por todo conhecimento transmitido e principalmente por viabilizar todas as coletas e análises desse estudo;
- A Ana Tereza Lyra Lopes, pela ajuda na análise biológica desse estudo e pela amizade;
- A todos os meus amigos, em especial Fernanda, Gilcineusa, Luana, Luciana e Endrigo pela amizade verdadeira e pelo grande carinho;
- As minhas amigas e sócias, Ana Roberta e Lenir, pela ajuda nas coletas e no laboratório, e principalmente pelo apoio nos momentos difíceis.
- Ao meu amigo James Werllen que me ajudou nos processamentos dos dados dessa dissertação.
- A minha turma do Mestrado de Saúde e Ambiente, pelas trocas de conhecimento e alegrias ao longo desses 2 (dois) anos;
- A todos os Professores do Departamento de Oceanografia e Hidrobiologia da UFMA e do Mestrado de Saúde e Ambiente, pelos conhecimentos transmitidos e a todos os funcionários do LABOHIDRO, em especial a Henrique que me ajudou com a análise do sedimento, a Junior, David e Amaral, que me ajudaram a realizar as coletas, sem os mesmos não seria possível;
- A CAPES, pelo apoio financeiro, onde sem o mesmo esse projeto não seria possível;

RESUMO

O estudo teve o objetivo de integrar indicadores de qualidade de água a indicadores de saúde humana no estuário do Rio Paciência. Adotou-se uma abordagem múltipla, incluindo parâmetros físicos e químicos da água, indicadores biológicos (macroinvertebrados bentônicos) e indicadores de saúde humana (óbitos provenientes de doenças de veiculação hídrica). Os organismos foram coletados com o auxílio de um tubo de PVC, com área amostral de 0,0079 cm², em seguida fixados em formol a 4%, conservados em álcool 70% e posteriormente identificados ao menor nível taxonômico possível com auxílio de bibliografia especializada. A análise físico-química da água foi realizada com um kit multiparâmetro, modelo HQ40d. E a análise microbiológica foi realizada conforme a técnica de tubos múltiplos. Para as análises granulométricas utilizou-se a técnica gravimétrica. As espécies macrobentônicas foram mais abundantes no período chuvoso, sendo a espécie *Neanthes succinea* a mais representativa. Foram encontrados valores considerados altos de nitrato, fosfato, coliformes totais e termotolerantes para um ambiente equilibrado. Nos pontos onde se deu tal fato, a espécie *Neanthes succinea* foi dominante, o que demonstrou a capacidade dessa espécie em resistir a ambientes perturbados, apontando a mesma como bioindicadora. Com base nos resultados, é possível inferir que a má qualidade da água afeta a saúde da população e a composição das comunidades biológicas aquáticas. Das nove espécies identificadas nesse estudo, cinco são consideradas bioindicadoras, são elas: *Neanthes succinea*, *Capitela capitata*, *Laonereis acuta*, *Mytella charruana* e *Anomalocardia brasiliensis*. A integração de indicadores múltiplos na determinação da situação da saúde das populações ribeirinhas é uma contribuição fundamental para programas de saneamento básico. A avaliação desses indicadores múltiplos, incluindo parâmetros abióticos, biológicos, epidemiológicos e de ocupação do solo, mostrou-se útil para uma compreensão mais realista dos processos de degradação do estuário do Rio Paciência e suas implicações na saúde da população do entorno deste estuário.

Palavras-chave: Organismos bentônicos, Saúde pública, Estuário, Rio Paciência.

ABSTRACT

The study aimed to integrate indicators of water quality with indicators of human health in the estuary. It was adopted a multipronged approach, including physical and chemical parameters of water, biological indicators (benthic macroinvertebrates) and human health indicators (deaths from waterborne diseases). The organisms were collected with the help of a PVC pipe, with an a sample area of 0.0079 cm², then fixed in 4% formalin, preserved in 70% alcohol and later identified to the lowest taxonomic level possible with the aid of literature specialized. The physical-chemical analysis of water was performed with a kit multiparameter model HQ40d. And microbiological analysis were performed according to the technique of multiple tubes. For particle size analysis it was used the gravimetric technique. Macrobenthic species were more abundant during the rainy season, being the *Neanthes succinea*, the most representative specie. Values were considered high for nitrate, phosphate, total and thermotolerant coliforms to a balanced environment. In the points where this fact happened, the *Neanthes succinea* species was dominant, demonstrating the ability of this species to resist a disturbed environments, showing that the specie is a bioindicator. Based on the results, it is possible to infer that the poor water quality affects the health of the population and composition of aquatic biological communities. Into the total of the nine species identified in this study, five are considered bioindicators, they are: *Neanthes succinea*, *Capitella capitata*, *Laeonereis acuta*, *Mytella charruana* e *Anomalocardia brasiliiana*. The integration of multiple indicators in determining the health status of coastal communities is a fundamental contribution to basic sanitation programs. The evaluation of multiple indicators, including abiotic parameters, biological, epidemiological and ground occupation, proved be more useful for a most realistic understanding of degradation processes on the estuary of Paciência river and its implications on public health of this estuary environment.

Keywords: Benthic organisms, Public health, Estuary, River Paciência.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Interface do conjunto “saneamento ambiental” e sua importante dimensão junto à gestão de recursos hídricos e à saúde pública.....	19
FIGURA 2: Mapa de localização dos pontos de coleta no estuário do Rio Paciência (Fonte: GERCO-MA, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Google Earth).....	23
FIGURA 3: Tubo coletor da macrofauna bentônica do estuário do Rio Paciência.....	25
FIGURA 4: Urbanização no entorno dos pontos de coleta no estuário do Rio Paciência .	30
FIGURA 5: Distribuição das espécies por pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) no ano de 2010.	33
FIGURA 6: Agrupamento da matriz de presença e ausência da espécies bentônicas - Análise de Cluster. Os pontos estão representados pelas siglas IG – Igarapé Grande, IM – Igarapé do Meio e I – Iguaíba. E a sazonalidade pelas siglas CH – chuvoso e ES – estiagem.....	34
FIGURA 7: Distribuição mensal da precipitação média em São Luís nos anos 2008 e 2009 comparativamente às médias das Normais Climatológicas-Fonte: GERCO, 2010....	36
FIGURA 8: Temperatura dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.....	39
FIGURA 9: pH dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência (L.I – Limite Inferior do Padrão CONAMA nº 357/05; L.S – Limite Superior do Padrão CONAMA nº 357/05)	39
FIGURA 10: Salinidade dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.....	40
FIGURA 11: Condutividade dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência	40
FIGURA 12: Variação do oxigênio dissolvido (OD) nos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência	41
FIGURA 13: Variação de nitrato (mg/L) nos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do Rio Paciência	41
FIGURA 14: Variação de fosfato (mg/L) nos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do Rio Paciência	42

FIGURA 15: Coliformes totais dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência	43
FIGURA 16: Coliformes termotolerantes dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta.....	24
TABELA 2: Estimativa da população na bacia do Rio Paciência	29
TABELA 3: Espécies encontradas no estuário do Rio Paciência no ano de 2010.....	30
TABELA 4: Número de indivíduos por pontos amostrais ao longo do período chuvoso e de estiagem no estuário do Rio Paciência no ano de 2010 (CH- Chuvoso; ES- Estiagem; AM- Amostras).....	32
TABELA 5: Valores de Riqueza (S), Abundância (N), Equitabilidade (J') e Diversidade Shannon-Wiener (H'). Os pontos estão representados pelas siglas IG – Igarapé Grande, IM – Igarapé do Meio e I – Iguaíba. E a sazonalidade pelas siglas CH – chuvoso e ES – estiagem	35
TABELA 6: Parâmetros Físico – Químicos e Microbiológicos no período chuvoso e de estiagem em 2010 no estuário do rio Paciência (CH- Chuvoso; ES- Estiagem).....	37
TABELA 7: Classificação do tipo de sedimento do estuário do Rio Paciência.....	44
TABELA 8: Domicílios por Instalações Sanitárias nos Municípios do entorno do estuário no ano de 2000 (Fonte: DATASUS, 2011).....	46
TABELA 9: Domicílios por tipo de abastecimento de água nos municípios de entorno do estuário do Rio Paciência. Fonte: DATASUS (2011)	47
TABELA 10: Principais doenças de veiculação hídrica existentes. Fonte: Silva (2008) e COPASA MG (2011)	48
TABELA 11: Óbitos ocorridos nos Municípios que são cortados pela bacia hidrográfica do Rio Paciência. Fonte: MS/SVS/DASIS – Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM (2011)	49
TABELA 12: Condições Ambientais dos recursos hídricos no município de São Luís. Fonte: Prefeitura de São Luís (2011).....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Poluição Hídrica e Saúde.....	17
2.2 Macrofauna Bentônica como Bioindicador	19
3 OBJETIVOS.....	22
3.1. Objetivo Geral	22
3.2. Objetivos Específicos	22
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 Caracterização da área de estudo.....	23
4.2 Fatores bióticos.....	25
4.3 Fatores abióticos	26
4.4 Tratamento dos dados	27
5 RESULTADOS	28
5.1 Ocupação do solo.....	28
5.2 Dados bióticos	30
5.3 Dados abióticos	35
5.4 Dados de saúde Populacional e Ambiental.....	45
6 DISCUSSÃO	52
7 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos trinta anos, mais de 40 milhões de pessoas trocaram as áreas rurais pelas urbanas. O Brasil deixou de ser predominantemente rural e, a cada censo, demonstra maior grau de urbanização. A expulsão da população das áreas rurais se deveu, principalmente, à modernização da agricultura, que trouxe impactos socioambientais diretos e indiretos tanto nas áreas urbanas como nas rurais. (OLIVEIRA, 2009). Com isso os rios, córregos, lagos e até mesmo reservatórios têm sido fortemente impactados devido ao aumento desordenado de atividades humanas. A aceleração da urbanização tem gerado um déficit na infraestrutura dos serviços urbanos, sendo que a principal expressão em termos ambientais é a carência de saneamento básico, que corresponde ao abastecimento de água, aos esgotos sanitários, à limpeza pública e a remoção do lixo. Conseqüentemente, os ecossistemas aquáticos urbanos vêm perdendo suas características naturais e sua diversidade biológica (FERREIRA, 1993).

A proteção dos mananciais de recursos hídricos deve ter uma alta prioridade na sociedade moderna. Estes mananciais localizam-se em córregos, rios, lagos e lagunas ou aquíferos subterrâneos e são utilizados para suprir as atividades das populações humanas (domésticas, agrícolas e industriais). Impedir a contaminação de fontes de água potável é importante para uma boa saúde pública, pois diminui os gastos com o tratamento de doenças de veiculação hídrica, e também garante a integridade e manutenção da vida silvestre. O tratamento de 1m³ de água de boa qualidade custa quatro vezes menos do que é gasto com o tratamento da mesma quantidade de água de um rio poluído (GOULART & CALLISTO, 2003).

No Brasil, a grande maioria dos esgotos é lançada diretamente nos corpos d'água sem tratamento prévio. Além disso, a política de saneamento ambiental adotada pela maioria das cidades é de canalizar e/ou retificar os rios e córregos. Essa forma de urbanização adotada ao longo das bacias hidrográficas brasileiras vem causando muitos problemas ambientais. Esses problemas trazem conseqüências também ao homem, como alterações nos regimes hidrológicos, aumento de doenças de veiculação hídrica, contaminação química, erosão e assoreamento impedindo a navegação nos corpos d'água, além de efeitos de bioacumulação e biomagnificação de metais pesados (POMPEU *et. al.*, 2004).

Três fatores podem diferenciar “saúde” e “doença” de ecossistemas: 1) a identificação de fatores de risco como resíduos industriais e esgoto como uma ameaça ao funcionamento dos ecossistemas; 2) a falta de “stress” definidas pelas características físicas e químicas, ou indicadores biológicos; e 3) a habilidade de um ecossistema em lidar com o “stress” (CALLISTO *et. al.*, 2001).

A costa do Estado do Maranhão possui a maior extensão de manguezais do país, ao longo do Golfão Maranhense e Reentrâncias do litoral ocidental. Os manguezais são ecossistemas costeiros estuarinos que apresentam a maior produtividade primária entre os ecossistemas costeiros de plantas de marismas. São, portanto, ambientes que propiciam a instalação de numerosas espécies animais, que vão estabelecer variadas relações no ecossistema (REBELO, 1986).

A fauna dos manguezais tem sido objeto de investigações devido às adaptações morfo-fisiológicas que apresenta ao grau de endemismo de algumas espécies e à sua importância econômica e alimentar para o homem, principalmente o ribeirinho (COELHO, 2005). Os organismos bentônicos habitam os substratos areno-lamosos e rochosos. Nos substratos areno-lamosos, ocorrem espécies da epifauna, como caranguejos e gastrópodos, além de espécies da endofauna. A endofauna é caracterizada por espécies que passam toda a fase de vida adulta no interior do substrato (OLIVEIRA & MOCHEL, 1995) possuem uma locomoção limitada e/ou são sedentários, portanto, adaptam-se as condições ambientais existentes para que a espécie não seja eliminada (AMARAL *et. al.*, 1998).

A utilização dos bioindicadores é extremamente útil, especialmente para a avaliação de impactos ambientais decorrentes de descargas pontuais de esgotos domésticos e efluentes industriais. Monitorando-se estações de amostragem a montante, no local de lançamento e a jusante da fonte poluidora, pode-se identificar as consequências ambientais para a qualidade da água e saúde do ecossistema aquático. A composição em espécies e a distribuição espaço-temporal dos organismos aquáticos alteram-se pela ação dos impactos. Quanto mais intensos forem, mais pronunciadas serão as respostas ecológicas dos organismos aquáticos bioindicadores de qualidade de água, podendo haver inclusive a exclusão de organismos sensíveis à poluição (como as formas imaturas de muitas espécies de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera)

(CALLISTO *et. al.*, 2001). Portanto, o reconhecimento da composição e estrutura espaço-temporal de associações biológicas é essencial para o manejo sustentado de recursos vivos e para o monitoramento do impacto de atividades antrópicas (SOARES-GOMES & PIRES VANIN, 2003 apud PANTRONI, 2010).

Os bioindicadores mais utilizados são aqueles capazes de diferenciar entre fenômenos naturais (p.ex. mudanças de estação e ciclos de chuva-seca) e estresses de origem antrópica, relacionados a fontes de poluição pontuais ou difusas (GOULART & CALLISTO, 2003).

Assim como em outras partes do mundo, alterações na estrutura das comunidades bentônicas têm sido associadas a mudanças ambientais promovidas pela crescente urbanização. Entretanto, relações diretas de causa-efeito têm sido registradas apenas quando os impactos são óbvios. Em locais, onde a urbanização é menos intensa, praticamente não há registros publicados (PAGLIOSA, 2004).

Parâmetros estruturais como densidade, diversidade e riqueza de espécies de invertebrados bênticos são considerados uma ferramenta eficaz para a avaliação de impactos ambientais em sistemas aquáticos. Formam associações relativamente estáveis que integram e refletem as condições dos compartimentos bênticos e pelágicos por períodos de tempo relativamente longos. São ferramentas biológicas poderosas para avaliar as condições dos habitats e sua recuperação após perturbações ambientais ou para o monitoramento dos efeitos de poluentes (PANTRONI, 2010).

Neste quadro o presente trabalho utiliza a comunidade bentônica para identificar possíveis alterações proveniente de perturbações antrópicas na qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Paciência, refletindo assim condições de saúde dos organismos que colonizam este ecossistema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Poluição hídrica e saúde

A água é essencial à vida de todos os organismos, incluindo o homem que depende dela para sua sobrevivência (TUNDISI, 2005). Além disso, a água é considerada um recurso natural de valor econômico, político, social e ecológico, sendo essencial ao consumo humano, ao desenvolvimento de atividades industriais e agrícolas, além da importância vital aos ecossistemas (REBOUÇAS, 2002; BARBOSA e BARRETO 2008).

A Poluição hídrica caracteriza-se pela alteração da condição natural da água pela introdução de elementos indesejáveis, subprodutos das atividades humanas, sendo atualmente encarada sob dois aspectos: o ecológico e o sanitário (SILVEIRA & SANT'ANA, 1990).

Ainda segundo SILVEIRA & SANT'ANA (1990), a poluição, na abordagem sanitária pode ser definida “como quaisquer modificações nas qualidades químicas, físicas ou biológicas da água que afetem diretamente o homem ou prejudiquem a sua utilização por ele”.

A água é um recurso utilizado para diversos fins, entre eles o consumo humano para alimentação, higiene pessoal e domiciliar; além de atividades produtivas como irrigação, transporte, lazer entre outros. Para que seja utilizada, devemos recebê-la com níveis de qualidade satisfatórios para o uso específico. Após seu uso, a água deve ser escoada e tratada para que o meio ambiente ao qual será “devolvida” não apresente alterações prejudiciais em sua composição (SOUZA & JUNIOR, 2004).

Os sistemas de abastecimento de água e a coleta do esgoto são extremamente importantes na constituição de um sistema que possa oferecer aos usuários condições dignas e seguras para a utilização do recurso água. No Brasil, grande parte da população ainda não dispõe de sistemas de abastecimento de água e tratamento de efluentes, vivendo em condições sub-humanas, utilizando água proveniente de fontes que possam não apresentar níveis aceitáveis de qualidade, podendo acarretar doenças à população, fazendo com que recursos sejam dispendidos pelo sistema de saúde e que vidas sejam perdidas (SOUZA & JUNIOR, 2004).

As doenças podem ser transmitidas diretamente pela água, provocadas pela ingestão de água contaminada por urina ou fezes, humanas ou de animais, contendo bactérias ou vírus patogênicos. Podem ser causadas pela falta de limpeza e de higiene da água, provocadas por má higiene pessoal ou contato de água contaminada na pele ou nos olhos. E também podem ser causadas por parasitas encontrados em organismos que vivem na água ou insetos vetores com ciclo de vida na água (OPAS, 2001 apud SOUZA & JUNIOR, 2004).

Entre algumas doenças transmitidas pela água podemos citar cólera, febres tifóide e paratifóide, shigelose, intoxicações alimentares amebíase e infecções intestinais. No Brasil, segundo dados de 2001 do DATASUS, essas doenças foram responsáveis por 5% das internações hospitalares realizadas, além de 2% dos óbitos. O valor total pago por essas internações foi de R\$ 109.951.928,79, representando 2% do valor de todas as internações realizadas no mesmo período (DATASUS,2003 apud SOUZA & JUNIOR, 2004).

A relação de causalidade entre as condições de saneamento e de meio ambiente e o quadro epidemiológico é reconhecida pelos legisladores brasileiros que, por exemplo, na Lei 8.080/90 – que dispõe sobre a prestação dos serviços de saúde no País – citam tais condições como alguns dos fatores determinantes para a saúde pública (art. 3º).

A Figura 1 ilustra a vasta interface do conjunto “saneamento ambiental” e sua importante dimensão junto à gestão de recursos hídricos e à saúde pública.



Figura 1: Interface do conjunto “saneamento ambiental” e sua importante dimensão junto à gestão de recursos hídricos e à saúde pública.

A água é um recurso natural considerado escasso e atualmente sua posse é considerada vantagem competitiva. O uso da água corrente leva a reduções do seu estoque, levando a uma restrição quantitativa quanto ao seu uso futuro. Isto representa que a utilização da água depende de uma escolha intertemporal, aplicando-se aí o conceito de sustentabilidade, onde o consumo e as atividades do presente devem ser atendidos sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades (SOUZA & JUNIOR, 2004).

O desenvolvimento sustentável urbano tem o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população e a conservação ambiental. É também essencialmente integrador na medida em que a qualidade de vida somente é possível com um ambiente conservado que atenda às necessidades da população, garantindo a harmonia do homem e da natureza (TUCCI, 2008).

2.2 Macrofauna bentônica como bioindicadora

A hierarquia ecológica inclui elementos funcionais e estruturais que, quando combinados, definem o sistema e fornecem um meio de selecionar um conjunto de indicadores representativos das características chave do sistema. Todos os sistemas biológicos têm elementos da composição e da estrutura que surgem através dos processos ecológicos. As condições características dependem da função ecológica chave mantenedora que por sua vez produz elementos adicionais à composição e à estrutura.

Se as ligações entre processos que se desenvolvem se rompem, então a sustentabilidade e integridade estão em risco. Idealmente, o conjunto de indicadores deveria apresentar informações chave sobre a estrutura, função e composição do ecossistema (COSTA *et. al.*, 2004).

A Bioindicação não trata predominantemente da indicação da existência, do vigor ou da intensidade de um fator ambiental, mas sim da reação do sistema biológico, ou Bioindicador. Trata-se do reconhecimento do efeito de um fator ambiental. Influências antrópicas são, em parte, novos fatores ambientais, provocando modificações antrópicas em fatores ambientais já existentes e com isso modificações em parâmetros do sistema biológico. Nisso baseia-se a principal diferença entre o monitoramento de parâmetros físicos e químicos da bioindicação de fatores ambientais. No monitoramento físico-químico aborda-se a qualidade e quantidade de fatores, podendo-se eventualmente inferir-se sobre os efeitos biológicos, enquanto que na bioindicação obtêm-se informações sobre os efeitos no sistema biológico, podendo-se eventualmente inferir sobre a qualidade e quantidade do fator estressor (MATSUURA, 2000).

Um agente estressor é qualquer fator biótico ou abiótico, que atuando isoladamente ou em conjunto, altera o equilíbrio de um sistema biológico, que passa a se expressar de maneira anormal. As implicações práticas desse desequilíbrio são: a necessidade de avaliar através de estudos e medições; a necessidade de prognosticar quanto à frequência, duração, abrangência, etc.; a necessidade de mitigar, através de ações; e a necessidade de compensar, através da reposição ou recuperação da condição ambiental anterior. O processo de retorno à condição de equilíbrio pode ser por meio de ações naturais ou antrópicas (PAULA, 2010).

O uso de bioindicadores (espécies, grupos de espécies ou comunidades) permite uma avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição. Assembleias biológicas e outras variáveis ambientais podem ser utilizadas como variáveis para inferir efeitos da urbanização sobre os ecossistemas aquáticos (BROWN *et. al.*, 2005). As vantagens comparativas de utilizarem-se indicadores biológicos de qualidade de água com relação às variáveis físicas e químicas são: rapidez e eficiência na obtenção de resultados, relação custo-benefício, avaliação da qualidade

da água através do uso de organismos testes, maior susceptibilidade a uma grande variedade de estressores, avaliação da qualidade da água de um ecossistema aquático sem recorrer a análises das variáveis físicas e químicas, avaliação da função de um ecossistema e monitoramento ambiental em grande escala (QUEIROZ *et. al.*, 2000).

ROSENBERG & WIENS, 1976; MYSLINSKI & GINSBURG, 1977; LYNCH *et. al.*, 1988; HARE, 1992; HARE & CAMPBELL, 1992; GOODYEAR & MCNEILL, 1999, têm levantado argumentos para o uso de macroinvertebrados bentônicos como ferramenta biológica em Programas de Biomonitoramento, sustentados nos seguintes atributos:

1. Cosmopolitas e abundantes;
2. Grande tamanho de corpo (muitos são visíveis a olho nu);
3. A maioria possui características ecológicas bem conhecidas;
4. Viabilidade de utilização em estudos laboratoriais (p.ex. testes ecotoxicológicos, experimentos de bioturbação);
5. São sedentários (ou com mobilidade restrita) sendo representativos de condições locais;
6. São bentônicos, permitindo a associação com as condições do sedimento;
7. Alguns podem acumular metais pesados, permitindo avaliar o nível de impacto através de bioacumulação e biomagnificação;
8. Têm a vantagem de caracterizar a qualidade das águas não apenas no instante de sua coleta, mas refletindo também sua situação em um período de tempo consideravelmente mais longo, permitindo avaliar os efeitos de um poluente de forma segura e precisa em diferentes escalas temporais;
9. A concentração de substâncias tóxicas na biomassa corporal não é afetada por ciclos reprodutivos ou diferenças sexuais, uma vez que estes organismos inúmeras vezes são coletados enquanto formas imaturas de insetos aquáticos e semi-aquáticos;

10. Participam das cadeias alimentares e cadeia de detritos, podendo atuar como agentes vitais de entrada de metais pesados ou outros contaminantes nas cadeias alimentares aquáticas.

Estudos envolvendo comunidades de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores na avaliação da qualidade de água em ambientes naturais e impactados são cada vez mais frequentes no Brasil (AMARAL *et. al.*, 1998; MARQUES & BARBOSA, 2001; BUSS *et. al.*, 2002; FERREIRA & VANIN 2003; PAGLIOSA 2004; MORENO & CALLISTO, 2006; MORENO, 2007; BARROS, 2007 e FERES *et. al.*, 2008); e no exterior (PEARSON & ROSENBERG 1978; DAVIS, 1997; DELONG & BRUSVEN, 1998; VOELZ *et. al.*, 2000; SANDIN & JOHNSON, 2004; KASANGAKI *et. al.*, 2006). Os macroinvertebrados bentônicos integram as condições ambientais durante períodos prolongados e estão expostos a todas as variações ambientais. Fatores físicos como pluviosidade, pH, condutividade elétrica alteram a qualidade do habitat e, conseqüentemente, a estrutura de comunidades de macroinvertebrados (RIBEIRO & UIEDA, 2005). As alterações na qualidade de água, resultantes de ações antrópicas, se manifestam pela redução da biodiversidade aquática decorrente da desestruturação do ambiente físico, químico e também das alterações na dinâmica e estrutura das comunidades biológicas. Sendo assim o uso de bioindicadores permite uma avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição tornando o uso de macroinvertebrados bentônicos recomendado como indicadores de condições ambientais, índices de biodiversidade e em programas de biomonitoramento ambiental (CALLISTO & MORENO, 2008).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a macrofauna bentônica como indicador biológico das condições ambientais presentes do estuário do Rio Paciência.

3.2 Objetivos específicos

- Conhecer a composição, diversidade e densidade da comunidade bentônica;
- Relacionar as variações numéricas das espécies da macrofauna bentônica a impactos antrópicos e/ou naturais e a índices de saúde pública;

- Associar a ocorrência da comunidade bentônica com o período sazonal.
- Identificar espécies indicadoras de poluição orgânica.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está inserida na bacia do rio Paciência, onde a mesma se localiza na porção sudoeste da Ilha do Maranhão, a compreendida entre os paralelos 2°23'05" a 2°36'42" de latitude sul e entre os meridianos 44°02'49" a 44°15'09" de longitude oeste. Drena uma área de aproximadamente 171,74 Km², distribuindo-se pelos quatro municípios integrantes da Ilha do Maranhão. A rede hidrográfica tem predominância do padrão dentrítico e da cabeceira à foz, o Rio Paciência apresenta o tipo dentrítico ou arborescente, pois seus cursos fluviais tributários distribuem-se em todas as direções da superfície do terreno, formando ângulos agudos e nunca chegando ao ângulo reto (Figura 2).

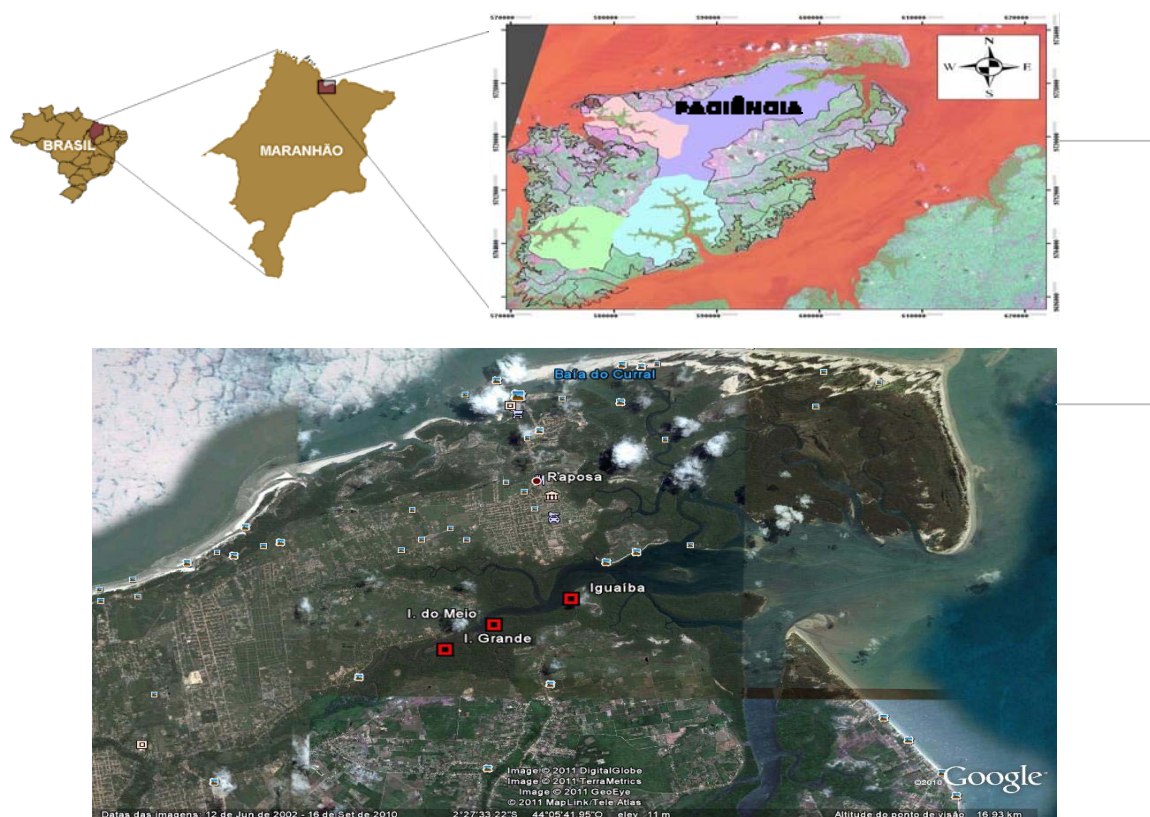


Figura 2: Mapa de localização dos pontos de coleta no estuário do Rio Paciência (Fonte: GERCO-MA, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Google Earth).

O Rio Paciência nasce na parte central da Ilha do Maranhão, entre os bairros de São Cristóvão e Santa Bárbara, no município de São Luís. A partir da nascente desloca-se em direção nordeste, ocasião em que, deixando São Luís, passa por parte do meio rural dos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, desembocando, na baía de São José, em frente à ponta do Curupu, através de um pequeno estuário numa área intensamente recortada, daí a sua morfologia apresentar uma série de braços e canais, resultado da influência da penetração das marés (MARANHÃO, 1998). Esse curso d'água desempenha importante papel na economia local, através da irrigação das áreas de oleicultura e de floricultura.

O principal elemento hidrológico da bacia é o Rio Saramantha, que em conjunto com o Rio Miritiua, constituem-se em formadores da bacia. Outros cursos d'água (a maioria intermitentes), com regime hidrológico dependente das precipitações sazonais, contribuem para a formação do rio principal, entre eles: Arroio do São Bernardo, Igarapé da Cohab, Igarapé do Cohatrac, Rio Itapiracó, todos afluentes da margem esquerda, enquanto, pela margem direita, destacam-se: o Igarapé da Cidade Operária, Igarapé do Cajueiro, Arroio do Maiobão e Igarapé do Jenipapeiro.

Em função das características gerais do estudo foram definidos três pontos para coleta de organismos bentônicos e para as variáveis físico-químicas. A tabela a seguir apresenta as coordenadas geográficas dos locais de coleta.

Tabela 1: Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta.

ESTAÇÕES DE COLETA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Ponto 1	02° 28' 27.6" S	44° 07' 05.7" W
Ponto 2	02° 28' 06.3" S	44° 06' 33.9" W
Ponto 3	02° 27' 44.4" S	44° 05' 43.6" W

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é tipo AW, Tropical chuvoso, com predominância de chuvas nos meses de janeiro a abril. A temperatura média anual oscila em torno de 28°C.

4.2 Fatores bióticos

As coletas foram realizadas trimestralmente no período chuvoso e de estiagem, em canais de marés, que receberam as seguintes demonstrações: P 01-Igarapé Grande; P02-Igarapé do Meio e P 03-Iguaíba. As amostras foram retiradas na parte superior do mangue e em marés de lua. Em cada ponto a amostra foi replicada 5 (cinco) vezes. As amostras foram coletadas com um tubo PVC, de 110 cm de comprimento e 10 de diâmetro, sendo a área amostrada igual a $0,0079 \text{ cm}^2$ (Figura 3). Após a retirada das amostras, estas foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente etiquetadas com todas as informações do local de coleta e levadas ao laboratório. No laboratório as amostras foram triadas em peneiras geológicas sobrepostas com malhas 0,5 e 1 mm de diâmetro. O material retido nas peneiras foi acondicionado em potes juntamente com a etiqueta, contendo formol a 4% (triagem grosseira). Após 48 horas de fixação, o conteúdo biológico foi colocado em novos frascos identificados contendo álcool etílico a 70% para conservação. Realizou-se a “triagem fina”, na qual as amostras foram triadas com o auxílio de microscópio estereoscópico e pinças, separando-se a macrofauna dos pedaços de raízes, folhas e pedras. Posteriormente foram identificados ao menor nível taxonômico possível com a ajuda das chaves de AMARAL *et. al.*, 2005; AMARAL & NONATO, 1996; MELO, 1996 e MELO,1999.



Figura 3: Tubo coletor da macrofauna bentônica do estuário do Rio Paciência.

4.3 Fatores abióticos

A salinidade foi medida com um refratômetro ATAGO devidamente calibrado. O pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica foram medidos com a ajuda de um kit multiparâmetro, modelo HQ40d.

Os compostos inorgânicos nitrato e fosfato foram analisados no Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal do Maranhão (LABOHIDRO-UFMA), utilizando um espectrofômetro para leitura dessas variáveis.

Amostras de sedimentos foram coletadas em cada ponto amostral da macrofauna bentônica e posteriormente levadas ao Laboratório de Geoquímica da UFMA (LABOHIDRO) para secar na estufa a 60° C por 48 horas, até a estabilização do peso. Em seguida, as amostras foram calcinadas em forno mufla a 470° C, para a obtenção do teor de matéria orgânica, posteriormente as amostras foram peneiradas nos limites das malhas de 2,00 mm até 0,062 mm e a fração silte-argila foi processada por pipetagem (SUGUIO, 1973).

Para determinação bacteriológica da água foi coletada uma amostra de água nos três pontos amostrais, depois levadas ao Laboratório de Química do Pavilhão Tecnológico da UFMA para serem analisadas, seguindo os procedimentos abaixo:

-Determinação do número mais provável de bactérias do grupo coliforme total

As amostras de água foram submetidas à pesquisa de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes, empregando-se a técnica dos tubos múltiplos, conforme as recomendações técnicas dos métodos padronizados pela AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1985).

-Prova presuntiva

Após a homogeneização das amostras de água por um número no mínimo de 25 vezes, foram adicionadas alíquotas de 0,1 ml, 1 ml, e 10 ml em três tubos contendo 10 ml de caldo lactosado em concentração simples e dupla com tubos de Durhan invertidos. Após incubação por 24 horas a 37° C, a prova presuntiva era considerada positiva quando ocorria a presença de gás no tubo de Durhan. Os tubos considerados negativos foram novamente incubados por mais 24 horas à mesma temperatura.

- Prova confirmatória

Os tubos que após 24 horas de incubação revelaram produção de gás, apresentando prova presuntiva positiva, foram repicados com uma alça de platina previamente flambada e resfriada, para outros tubos contendo 10 ml de caldo lactosado bile-verde brilhante, os quais constituíam a prova confirmatória. Em seguida foi feita a incubação em estufa a 37° C por até 48 horas, e em seguida a leitura. Os tubos que revelassem produção de gás, tinham prova confirmatória positiva.

- Determinação do número mais provável de bactérias coliformes termotolerantes na água

A partir dos tubos que apresentavam prova presuntiva positiva, foram feitos repiques com alça de platina de 3 mm de diâmetro previamente flambada para tubos de fermentação contendo 10 ml de caldo E.C.. Logo após estes tubos foram incubados em banho-maria regulado à temperatura de 44, 5° C. durante 24 horas. Em seguida, foi efetuada a leitura, com auxílio da tabela de Hoskins (Speck, 1984).

Os tubos com produção de gás foram repicados em placas de Petri contendo meio BEM, após incubação por 24 horas à 37° C. As colônias de brilho metálico com centro negro, característica de *Escherichia coli*, foram submetidas à prova completa.

- Prova completa

As colônias isoladas com características de *Escherichia coli* foram repicadas para os meios de ágar nutriente, MILI (para a presença de indol) Ágar citrato Simmons, caldo Voges-Proskewer e caldo lactosado. Em seguida incubados a 37° C por 24 horas. Após este tempo. Efetuou-se a leitura tendo a prova positiva de IMVIC com resultados para *Escherichia coli* (+, +, - -), revelada pela produção de gás no tubo de caldo lactosado, presença de bastonetes gram-negativos não esporulados pela gram a partir do ágar nutriente.

4.4 Tratamento dos dados

Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o Pacote estatístico PRIMER 6.0 (CLARKE & WARWICK, 2001), onde foram determinados os seguintes itens:

- **Riqueza (S):** refere-se à abundância numérica de uma determinada área geográfica, região ou comunidade.
- **Equitabilidade ou Índice de Uniformidade de Pielou (J')**: é um índice de equitabilidade ou uniformidade, em que a uniformidade refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies
- **O Índice de Shannon (H')**: mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra com S espécies e N indivíduos. Quanto menor o valor do índice de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa. A diversidade tende a ser mais alta quanto maior o valor do índice. Assim como a equitabilidade o índice de Shannon também pode ser medido em escala onde valores maiores que 3 representam diversidade muito alta; valores de 2-3 representam diversidade alta; e 1-2 representam diversidade baixa (KREBS, 1989).

No programa STATISTICA 6.0 foi realizado a análise de similaridade entre espécies da macrofauna bentônica nos períodos chuvoso e de estiagem.

5 RESULTADOS

5.1 Ocupação do solo

O padrão de ocupação da bacia apresenta diferentes graus de intensidade e de disposição espacial. Desse modo, percebe-se que a bacia, em seu alto curso, é densamente ocupada, padrão verificado, também nas proximidades da foz (Município da Raposa). Em seu médio curso, margem esquerda, a ocupação é insignificante, produzindo como resultado, áreas de mangues bem conservadas (CASTRO *et. al.*, 2009).

A tabela a seguir mostra, por curso, a população estimada e densidade demográfica, dados gerados a partir do Macrozoneamento Costeiro (MARANHÃO, 1998).

Tabela 2: Estimativa da população na bacia do Rio Paciência:

Trecho	Área	Índice Demográfico	População Estimada
<i>Margem Esquerda</i>	1.659	101	167.559
<i>Margem Direita</i>	1.241	80	99.280
<i>Montante</i>	1.512	05	7.560
Total	1.290	10	287.299

Os padrões de ocupação intermediária caracterizam-se por acesso rodoviário não pavimentado ao longo da linha de costa, com áreas interiores utilizadas para agricultura e/ou comercial.

CASTRO *et. al.* (2009) define três classes de padrões, classificados em relação à densidade de ocupação e disposição, a seguir descritos:

a- Altamente Ocupado:

Nas cabeceiras da bacia, nas proximidades do Bairro do São Cristóvão e, no Município da Raposa (alto curso), a ocupação é intensa;

b- Média Ocupação:

Na península entre o igarapé Combique e Rio Paciência, a ocupação é intermediária, localizando-se, preponderantemente, em torno das margens dos referidos cursos d'água. Entretanto, nos altos topográficos da região, a ocupação é incipiente.

c- Baixa Ocupação:

Na margem esquerda da bacia, no médio curso, a ocupação é incipiente, assim, nessa região, o manguezal apresenta-se bem conservado.

A área no entorno dos pontos de coleta foi considerada como sendo de média ocupação (conforme classificação de CASTRO *et. al.*, 2009), sendo mais povoada na área do entorno do ponto Igarapé Iguaiá. Observa-se ainda que as margens do estuário

onde foram realizadas as coletas apresenta a vegetação de mangue bem conservada (Figura 4).

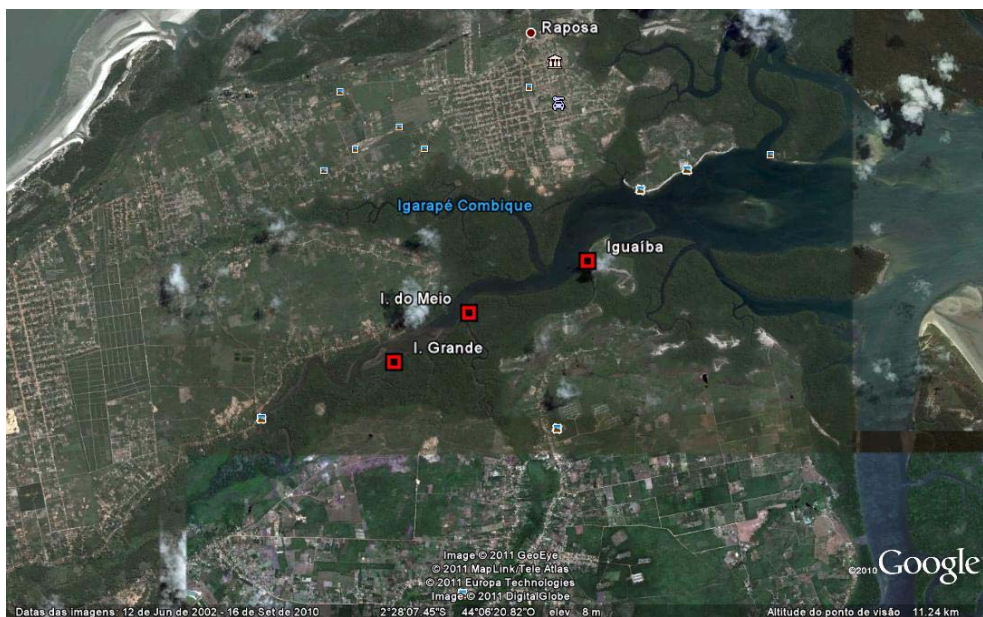


Figura 4: Urbanização no entorno dos pontos de coleta no estuário do Rio Paciência.

5.2 Dados Bióticos

Foram identificados 08 táxons nos pontos de estudo pertencentes aos filos Annelida (03 táxons), Molusca (05 táxons) e Crustácea (01 táxon), (Tabela 3).

Tabela 3: Espécies encontradas no estuário do Rio Paciência no ano de 2010.

CLASSE	FAMÍLIA	ESPÉCIE
POLYCHAETA	NEREIDAE	<i>Laeonereis acuta</i>
	CAPITELLIDAE	<i>Neanthes succinea</i>
		<i>Capitella capitata</i>
GASTROPODA	ELOBIDAE	<i>Melampus coffeus</i>
	NERITIDAE	<i>Neritina virginea</i>

Continuação da Tabela 3: Espécies encontradas no estuário do Rio Paciência no ano de 2010.

CLASSE	FAMÍLIA	ESPÉCIE
CRUSTÁCEA	BRACHIURA	<i>Uca rapax</i>
BIVALVIA	VENERIDAE	<i>Anomalocardia brasiliiana</i>
	MYTILIDAE	<i>Mytella charruana</i>
	TELLINIDAE	<i>Tellina probrina</i>

Foram encontrados 207 indivíduos ao longo do período chuvoso e de estiagem no ano de 2010. Sendo que as espécies mais abundantes foram *Neanthes succinea* com 53 indivíduos e *Laeonereis acuta* com 52 indivíduos, respectivamente pertencentes a classe Polychaeta. As espécies menos abundantes foram *Mytella charruana* com 07 indivíduos e *Tellina probrina* com 06 indivíduos, ambas da classe bivalvia (Tabela 4).

Tabela 4: Número de indivíduos por pontos amostrais ao longo do período chuvoso e de estiagem no estuário do Rio Paciência no ano de 2010 (CH- Chuvoso; ES- Estiagem; AM- Amostras).

	Igarapé Grande- CH					Igarapé do Meio- CH					Iguaíba- CH					Igarapé Grande- ES					Igarapé do Meio- ES					Iguaíba- ES					TOTAL
	AM01	AM02	AM03	AM04	AM05	AM01	AM02	AM03	AM04	AM05	AM01	AM02	AM03	AM04	AM05	AM01	AM02	AM03	AM04	AM05	AM01	AM02	AM03	AM04	AM05	AM01	AM02	AM03	AM04	AM05	
Polychaeta																															
<i>Neanthes succinea</i>	5	2	2	2	4	1	0	0	5	0	5	1	3	3	3	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	2	3	2	2	1	53
<i>Laeonereis acuta</i>	4	3	1	3	3	2	3	1	0	0	3	2	1	4	3	0	1	0	1	1	3	1	0	0	2	3	0	1	3	3	52
<i>Capitella capitata</i>	0	3	3	0	0	0	1	1	1	2	2	0	1	0	4	1	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	26
Gastropóde																															
<i>Melampus coffeus</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	11
<i>Neritina virginea</i>	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12
Crustácea																															
<i>Uca rapax</i>	1	2	2	0	1	0	2	1	0	0	1	0	2	0	0	1	1	2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	20
Bivalvia																															
<i>Mytella charruana</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Anomalocardia brasiliana</i>	2	0	1	2	1	0	3	0	0	1	0	2	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	20
<i>Tellina probirina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	6
TOTAL	13	13	10	7	9	5	11	3	6	5	12	11	7	11	15	4	4	6	3	4	5	4	3	0	7	6	4	6	7	6	207

No período chuvoso a classe Polychaeta foi a mais representativa com altas densidades no Igarapé Grande, seguido por Iguaíba. O mesmo não ocorreu no período de estiagem, onde houve uma diminuição de espécies de Polychaetas em todos os pontos. As classes Crustácea e Bivalvia também apresentaram maiores densidades no período chuvoso, diminuindo no período de estiagem. A classe Molusca não demonstrou nítidas variações entre o período chuvoso e de estiagem. A espécie *Tellina probrina* não ocorreu no período chuvoso nos pontos Igarapé Grande e Igarapé do Meio, enquanto que a espécie *Mytella charruana* não ocorreu no período de estiagem nos pontos citados anteriormente (Figura 5).

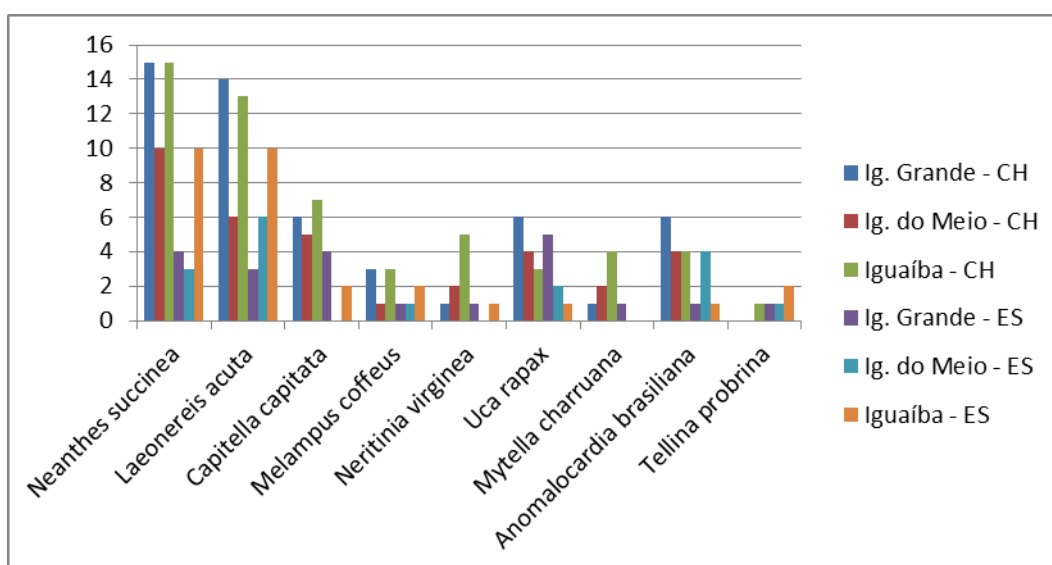


Figura 5: Distribuição das espécies por pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) no ano de 2010.

Através da análise de similaridade (Figura 6) pode-se perceber que se formaram 3 (três) grandes grupos, onde a macrofauna bentônica se agrupou conforme a sazonalidade.

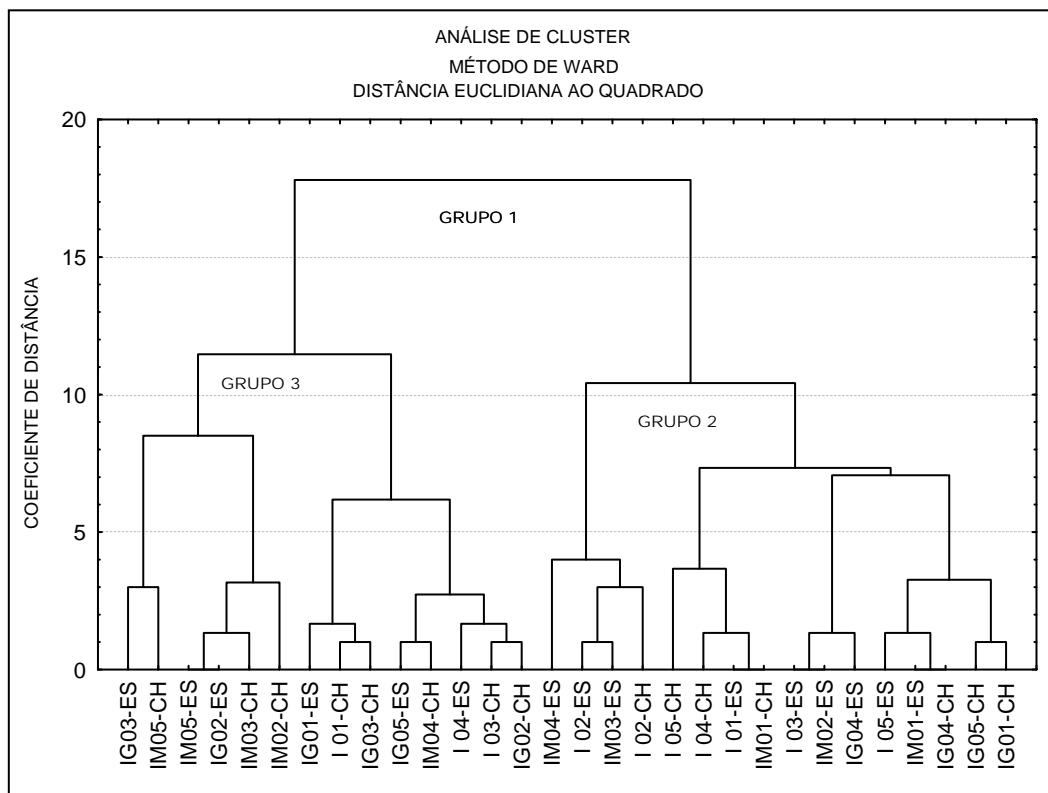


Figura 6: Agrupamento da matriz de presença e ausência da espécies bentônicas - Análise de Cluster. Os pontos estão representados pelas siglas IG – Igarapé Grande, IM – Igarapé do Meio e I – Iguaíba. E a sazonalidade pelas siglas CH – chuvoso e ES – estiagem.

Conforme tabela 5 (cinco) a Riqueza da macrofauna bentônica variou entre 2 a 6, a Abundância entre 3 a 15, Equitabilidade entre 0 a 1 e a Diversidade entre 0 a 1,714. Os maiores valores de diversidade foram encontrados no ponto Iguaíba. Enquanto a equitabilidade foi maior no ponto Igarapé do Meio.

Tabela 5: Valores de Riqueza (S), Abundância (N), Equitabilidade (J') e Diversidade Shannon-Wiener (H'). Os pontos estão representados pelas siglas IG – Igarapé Grande, IM – Igarapé do Meio e I – Iguaíba. E a sazonalidade pelas siglas CH – chuvoso e ES – estiagem.

Ponto	S	N	J'	H'
IG01-CH	5	13	0,8778	1,413
IG02-CH	5	13	0,9886	1,591
IG03-CH	6	10	0,9464	1,696
IG04-CH	3	7	0,9821	1,079
IG05-CH	4	9	0,8764	1,215
IM01-CH	3	5	0,9602	1,055
IM02-CH	6	11	0,9335	1,673
IM03-CH	3	3	1	1,099
IM04-CH	2	6	0,65	0,4506
IM05-CH	4	5	0,961	1,332
I 01-CH	5	12	0,8849	1,424
I 02-CH	5	11	0,961	1,547
I 03-CH	4	7	0,9212	1,277
I 04-CH	4	11	0,9338	1,295
I 05-CH	6	15	0,9567	1,714
IG01-ES	4	4	1	1,386
IG02-ES	4	4	1	1,386
IG03-ES	5	6	0,9697	1,561
IG04-ES	3	3	1	1,099
IG05-ES	3	4	0,9464	1,04
IM01-ES	3	5	0,865	0,9503
IM02-ES	4	4	1	1,386
IM03-ES	3	3	1	1,099
IM04-ES	0	0	0	0
IM05-ES	4	7	0,9751	1,352
I 01-ES	3	6	0,9206	1,011
I 02-ES	2	4	0,8113	0,5623
I 03-ES	4	6	0,9591	1,33
I 04-ES	4	7	0,9212	1,277
I 05-ES	4	6	0,8962	1,242

5.3 Dados Abióticos

O comportamento médio mensal das chuvas na Ilha do Maranhão (Figuras 7) mostra que o período chuvoso abrange os meses de janeiro a julho com totais mensais sempre superiores a 100mm. O início do período chuvoso geralmente ocorre em janeiro, porém a maior concentração de chuvas ocorre no quadrimestre de fevereiro-março-abril-maio (GERCO, 2010).

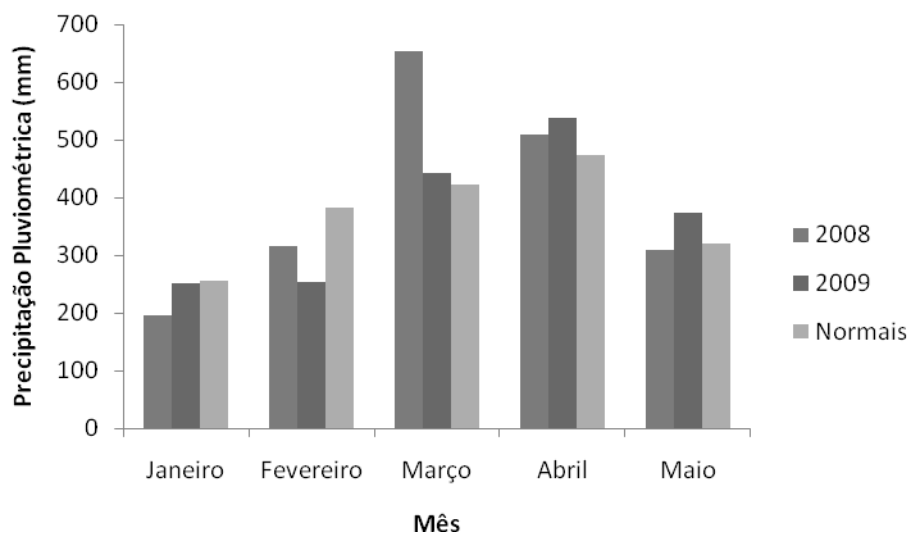


Figura 7: Distribuição mensal da precipitação média em São Luís nos anos 2008 e 2009 comparativamente às médias das Normais Climatológicas – Fonte: GERCO, 2010.

O estuário estudado conforme a Resolução CONAMA nº 357/05 é enquadrado na classe I para águas salobras, onde é destinada a recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; a proteção das comunidades aquáticas; a aquicultura e a atividade de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto. De acordo com esta resolução, para as águas salobras inseridas na classe I, o limite máximo para o nitrato é de 0,40 mg/L e para o fosfato é de 0,124 mg/L. O oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 5 mg/L e os limites de pH são entre 6,5 e 8,5.

Os valores encontrados para os parâmetros físico-químicos como pH, salinidade, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura; os nutrientes inorgânicos como nitrato e fosfato e os microbiológicos como coliformes totais e termotolerantes estão representados na tabela 6 (seis).

Tabela 6: Parâmetros Físico – Químicos e Microbiológicos no período chuvoso e de estiagem em 2010 no estuário do rio Paciência (CH- Chuvoso; ES- Estiagem).

DADOS ABIÓTICOS COLETADOS NO PERÍODO CHUVOSO E DE ESTIAGEM			
1ª Coleta CH- 28/01/10			
	Igarapé Grande	Igarapé do Meio	Iguaíba
pH	7,79	7,64	7,86
Salinidade	30	32	34
Condutividade mS/cm	3,99	4,25	4,3
Oxigênio Dissolvido mg/L	4,95	5,42	5,41
Temperatura °C	27,9	28,5	28,6
Col. Totais (NMP/100 mL)	460	460	1100
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)	460	460	1100
Nitrato mg/L	2,11	1,72	1,19
Fosfato mg/L	0,089	0,08	0,006
2ª Coleta CH- 28/04/10			
	Igarapé Grande	Igarapé do Meio	Iguaíba
pH	8,59	8,54	8,42
Salinidade	21	29	28
Condutividade mS/cm	3,2	3,5	3,43
Oxigênio Dissolvido mg/L	5,65	6,3	5,96
Temperatura °C	28,6	28,4	28,4
Col. Totais (NMP/100 mL)	240	9,1	43
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)	240	9,1	43
Nitrato mg/L	107,24	96,76	99,66
Fosfato mg/L	1,7	1,34	1,47
1ª Coleta ES- 29/07/10			
	Igarapé Grande	Igarapé do Meio	Iguaíba
pH	7,43	7,07	7,1
Salinidade	35	30	27
Condutividade mS/cm	3,8	3,69	3,35
Oxigênio Dissolvido mg/L	5,96	6,2	5,1
Temperatura °C	29,4	30	29,9

Continuação da Tabela 6: Parâmetros Físico – Químicos e Microbiológicos no período chuvoso e de estiagem em 2010 no estuário do rio Paciência (CH-Chuvoso; ES- Estiagem).

DADOS ABIÓTICOS COLETADOS NO PERÍODO CHUVOSO E DE ESTIAGEM			
1ª Coleta ES- 29/07/10			
Col. Totais (NMP/100 mL)	200	40	1300
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)	200	40	1300
2ª Coleta ES – 25/10/10			
	Igarapé Grande	Igarapé do Meio	Iguaíba
pH	7,04	7,09	7,13
Salinidade (ups)	30	31	32
Condutividade mS/cm	4,1	4,3	4,48
Oxigênio Dissolvido mg/L	5,12	6,21	6,28
Temperatura °C	30,9	33,4	32,5
Col. Totais (NMP/100 mL)	94	20	170
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)	94	20	170
Nitrato mg/L	1,12	1,34	1,61
Fosfato mg/L	0,41	0,37	0,39

A temperatura entre os pontos amostrais no período chuvoso e no período de estiagem variou pouco, mantendo uma média de 28, 4° C no período chuvoso e de 31° C no período de estiagem. Porém quando analisamos entre os períodos sazonais a temperatura teve um significativo aumento no último mês de coleta, no período de estiagem. A temperatura variou de 27,9° C no período chuvoso a 33, 4° C no período de estiagem (Figura 8).

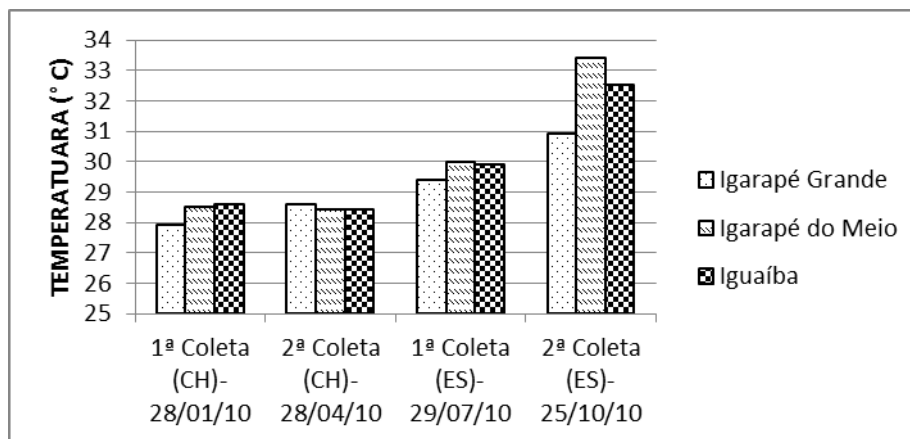


Figura 8: Temperatura (°C) dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.

O pH sofreu pouca variação entre os pontos amostrais no período chuvoso no período de estiagem e entre os períodos sazonais. Variou de 7,04 a 8,59 nos períodos chuvoso e de estiagem. Permaneceu dentro dos limites do padrão CONAMA nº 357/05, exceto na segunda coleta do período chuvoso no ponto Igarapé Grande, onde ultrapassou o limite superior de 8,5 para pH. (Figura 9).

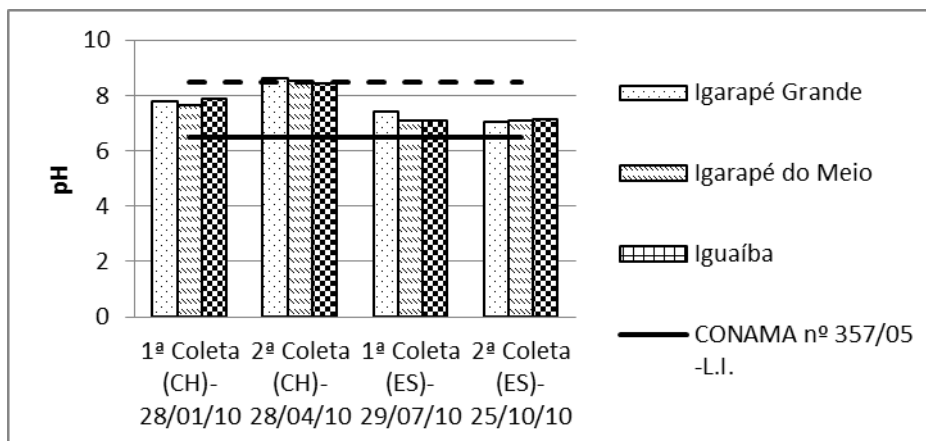


Figura 9: pH dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência (L.I – Limite Inferior do Padrão CONAMA nº 357/05; L.S – Limite Superior do Padrão CONAMA nº 357/05).

Para o parâmetro salinidade houve uma queda brusca na segunda coleta do período de estiagem no ponto Igarapé Grande. No restante dos pontos se manteve com pouca variação. Sendo que na primeira coleta do período chuvoso do ponto Iguaiá e na primeira coleta do período estiagem do ponto Igarapé Grande houve um aumento da

salinidade (Figura 10). A salinidade variou no período chuvoso e de estiagem entre 21(ups) a 34 (ups).

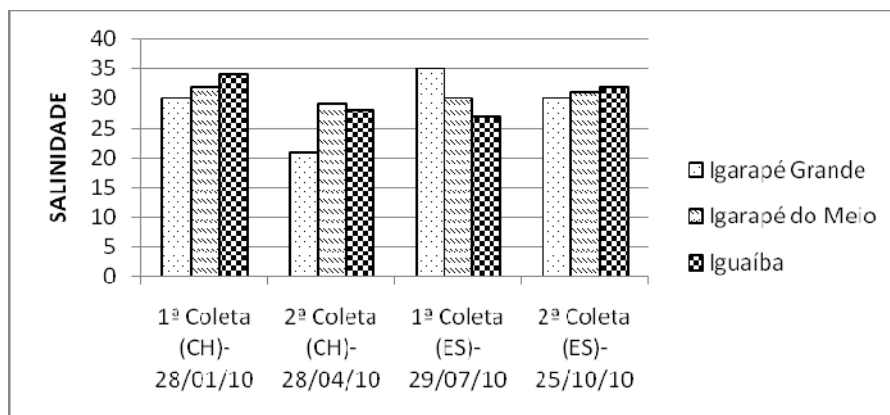


Figura 10: Salinidade dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.

A condutividade se manteve estável com um pequeno aumento na primeira coleta do período chuvoso e última coleta do período de estiagem. E diminuindo na segunda coleta do período chuvoso e na segunda coleta do período de estiagem. A condutividade variou de 3,2 mS/cm a 4,48 mS/cm (Figura 11).

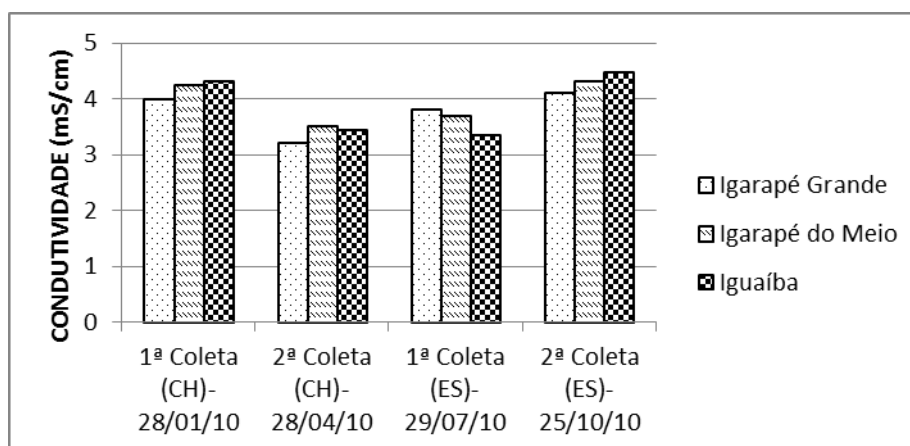


Figura 11: Condutividade (mS/cm) dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.

Ocorreu pouca variação entre os períodos chuvoso e de estiagem para o parâmetro oxigênio dissolvido. Ocorrendo os menores índices na primeira coleta do ponto Iguaiíba e segunda coleta do ponto Igarapé Grande, ambos no período de estiagem (Figura 12). O oxigênio dissolvido variou entre 4,95 mg/L a 6,28 mg/L. Conforme

padrão CONAMA n° 357/05 o oxigênio dissolvido ficou abaixo somente na primeira coleta do período chuvoso.

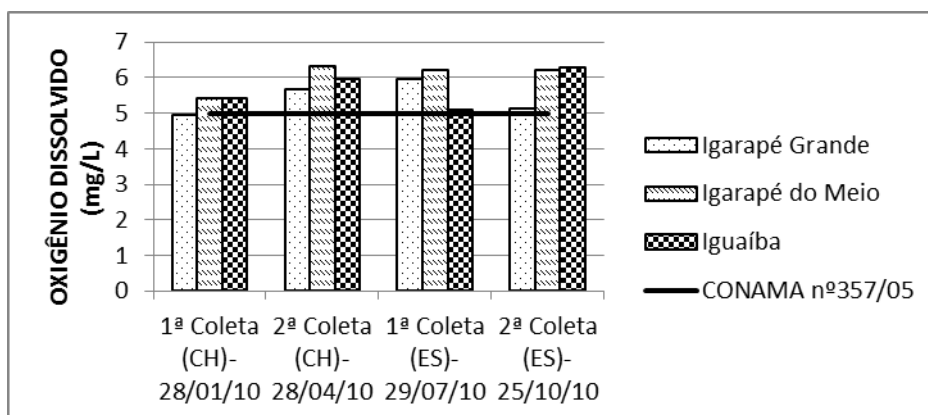


Figura 12: Variação do oxigênio dissolvido (mg/L) nos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.

Tanto o nitrato quanto o fosfato (Figuras 13 e 14) apresentaram uma variação significativa na 2ª coleta do período chuvoso, sendo que o ponto Igarapé Grande apresentou uma maior variação. Assim, para os padrões CONAMA n° 357/05 o nitrato e fosfato apresentaram níveis fora dos padrões em todos os pontos de coleta durante todo o estudo, exceto para o fosfato na 1ª coleta do período chuvoso. O nitrato variou de 1,12 mg/L a 6,55 mg/L. Enquanto o fosfato variou de 0,006 mg/L a 1,47 mg/L.

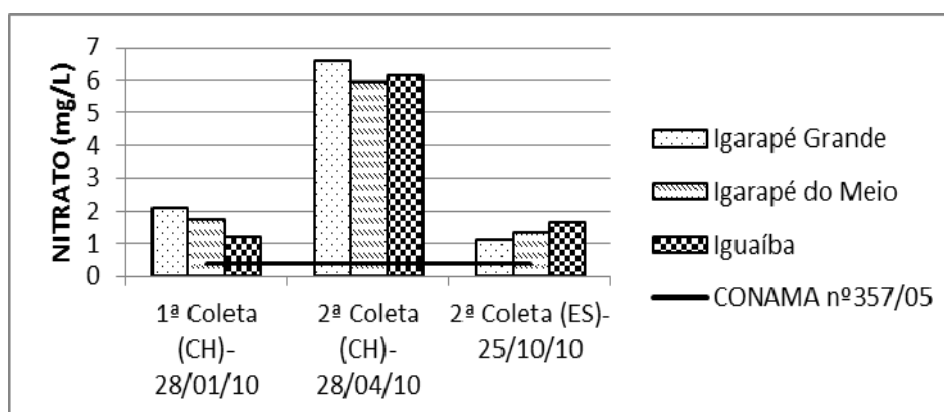


Figura 13: Variação de nitrato (mg/L) nos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do Rio Paciência.

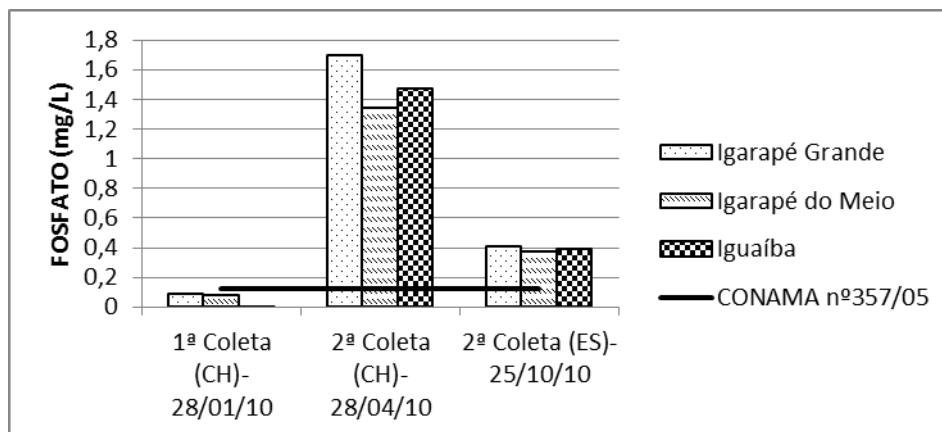


Figura 14: Variação fosfato (mg/L) nos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do Rio Paciência.

A Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, dispõe sobre a balneabilidade dos corpos de águas superficiais, onde, as águas consideradas próprias à saúde e bem estar humano, poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- Excelente:** quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- Muito Boa:** quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- Satisfatória:** quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

- não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais

(termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;

c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;

d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;

e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;

f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;

g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Os gráficos a seguir (Figuras 15 e 16) mostram um elevado índice dos parâmetros coliformes totais e coliformes termotolerantes na primeira coleta do período chuvoso, com um pico no ponto Igarapé Grande, ficando acima dos padrões estabelecidos pela CONAMA nº 274/00. No restante dos pontos amostrais se mantiveram estáveis.

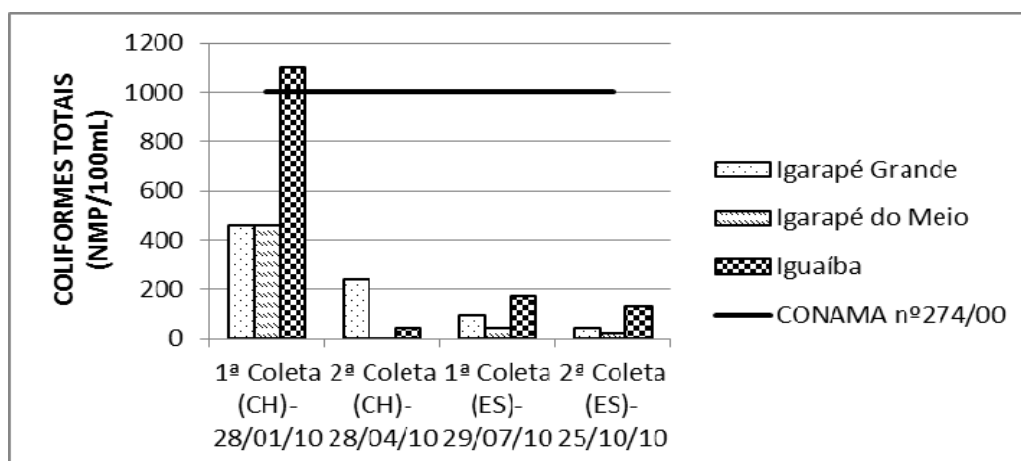


Figura 15: Coliformes totais (NMP/100mL) dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.

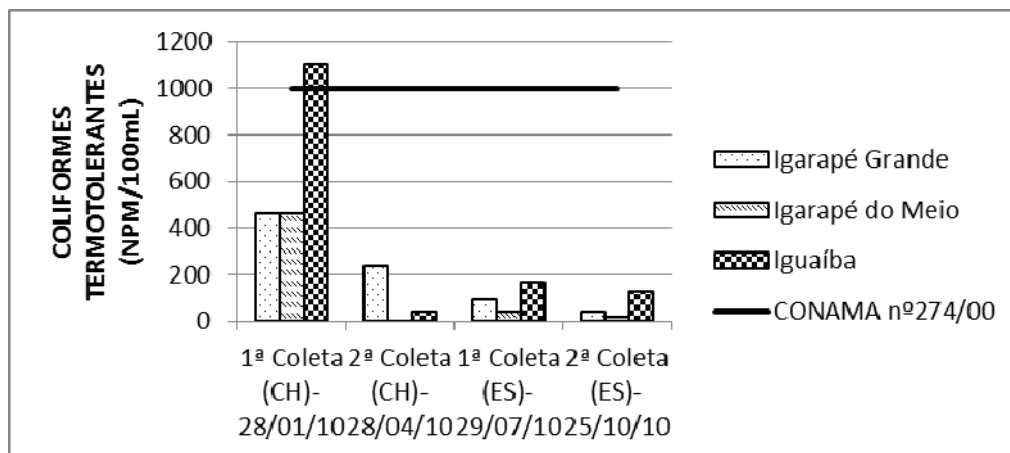


Figura 16: Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) dos pontos amostrais no período chuvoso (CH) e de estiagem (ES) em 2010 no estuário do rio Paciência.

Os sedimentos das estações de coleta são compostos por Cascalho, Areia e Lama, sendo predominantemente areno-lamosos. A porcentagem de Cascalho variou de 0,19 a 0,27 %, sendo assim insignificante. Enquanto a Areia e a Lama variaram de 1,96 a 5,08 %, e de 94,73 a 97,77 % respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7: Classificação do tipo de sedimento coletado no estuário do Rio Paciência.

Tipo de Sedimento	Pontos de Coleta		
	Igarapé Grande	Igarapé do Meio	Iguaiá
Cascalho (%)	0,19	0,26	0,27
Areia (%)	5,08	3,32	1,96
Lama (%)	94,73	96,42	97,77

5.4 Dados de saúde populacional e ambiental

De 243. 261 (duzentos e quarenta e três mil, duzentos e sessenta e um) domicílios dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Paciência, somente 92.366 (noventa e dois mil, trezentos e sessenta e seis) domicílios dispõem de uma rede geral de esgoto ou pluvial, sendo que 83.518 (Oitenta e três mil, quinhentos e dezoito) ficam no município de São Luís (Tabela 8).

A mesma realidade é encontrada para a forma de abastecimento de água, de 243. 261(duzentos e quarenta e três mil, duzentos e sessenta e um) domicílios somente 137.908 (cento e trinta e sete mil, novecentos e oito) possuem rede geral canalizada em pelo menos um cômodo da casa (Tabela 9).

Tabela 8: Domicílios por Instalações Sanitárias nos Municípios do entorno do estuário no ano de 2000. Fonte: DATASUS, 2011a.

Instalações sanitárias - Maranhão								
Domicílios por Município e Instalações sanitárias								
Município: Paço do Lumiar, São José de Ribamar, São Luís (2000)								
Município	Rede geral de esgoto ou pluvial - não discriminado	Fossa séptica - não discriminada	Fossa rudimentar - não discriminada	Vala - não discriminada	Rio, lago ou mar	Outro escoadouro - não discriminado	Não tem instalação sanitária	Total
210750 Paço do Lumiar	6.673	2.849	4.467	526	15	66	3.004	17.600
211120 São José de Ribamar	2175	7385	8598	295	160	142	4675	23430
211130 São Luís	83518	22524	50282	9675	3880	1733	30619	202231
Total	92366	32758	63347	10496	4055	1941	38298	243261

Tabela 9: Domicílios por tipo de abastecimento de água nos municípios de entorno do estuário do Rio Paciência. Fonte: DATASUS (2011b).

Abastecimento de água - Maranhão									
Domicílios por Município e Abastecimento Água									
Município: Paço do Lumiar, São José de Ribamar, São Luís (2000)									
Município	Rede geral - canalizada em pelo menos um cômodo	Rede geral - canalizada só na propriedade/terreno	Poço ou nascente - canaliz em pelo menos um cômodo	Poço ou nascente - canaliz só na propriet/terreno	Poço ou nascente - não canalizada	Outra forma - canalizada em pelo menos um cômodo	Outra forma - canalização só na propriedade/terren	Outra forma - não canalizada	Total
210750 Paço do Lumiar	7691	2797	522	478	1243	1385	1313	2171	17600
211120 São José de Ribamar	7901	8187	1202	1046	1180	341	1260	2313	23430
211130 São Luís	122316	36966	7086	3725	5858	4326	8164	13790	202231
Total	137908	47950	8810	5249	8281	6052	10737	18274	243261

As principais doenças relacionadas com ingestão ou contato da pele com a água contaminada estão representadas na tabela 10.

Tabela 10: Principais doenças de veiculação hídrica existentes. Fonte: SILVA (2008) e COPASA MG (2011).

Organismos	Doenças	
Bactérias	<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide
	<i>Salmonella sp.</i>	Salmonelose
	<i>Shigella</i>	Shigeloses (disenteria bacilar)
	<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterites
	<i>Leptospira</i>	Doença dos legionários Leptospirose (contato)
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
Vírus	<i>Enterovírus</i>	Poliomelite, Gastroenterites
	<i>Rotavírus</i>	Gastroenterites
	<i>Vírus da Hepatite A</i>	Hepatite A
	<i>Adenovírus</i>	Doenças respiratórias, conjuntivites
Protozoários	<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase
	<i>Giardia lamblia</i>	Giardiase

Continuação da Tabela 10: Principais doenças de veiculação hídrica existentes.
Fonte: SILVA (2008) e COPASA MG (2011).

Organismos		Doenças
Protozoários	<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidiose
Helmintos	<i>Ascaris lumbricóides</i>	Verminoses
	<i>Enterobius vermicularis</i>	
	<i>Strongyloides stercoralis</i>	
	<i>Trichiuris trichiura</i>	
	<i>Schistosoma mansoni</i>	Esquistossomose

Conforme dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade-SIM (2011) e do Programa de Controle da Esquistossomose-PCE (2011), no ano de 2009 ocorreram 64 (sessenta e quatro) óbitos relacionados a doenças de veiculação hídricas nos municípios cortados pela bacia hidrográfica do Rio Paciência (Tabela 11).

Tabela 11: Óbitos ocorridos nos municípios que são cortados pela bacia hidrográfica do Rio Paciência. Fonte: Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM (2011) e Programa de Controle da Esquistossomose-PCE (2011).

Mortalidade - Maranhão - Período: 2007, 2008 e 2009			
Óbitos p/Ocorrência por Município			
Município: Paço do Lumiar, São José de Ribamar e São Luís			
Doenças	2007	2008	2009
A01 Febres tifoide e paratifoide	-	-	1
A04 Outr infecc intestinais bacter	5	2	3
A06 Amebíase	-	-	2

Continuação da Tabela 11: Óbitos ocorridos nos municípios que são cortados pela bacia hidrográfica do Rio Paciência. Fonte: MS/SVS/DASIS – Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM (2011).

Mortalidade - Maranhão - Período: 2007, 2008 e 2009			
Óbitos p/Ocorrência por Município			
Município: Paço do Lumiar, São José de Ribamar e São Luís			
Doenças	2007	2008	2009
A07 Outr doenc intestinais p/protozoários	-	1	-
A09 Diarreia e gastroenterite orig infecc presum	65	69	51
A90 Dengue	19	6	1
A27 Leptospirose	-	-	5
Esquistossomose*	141	99	177
Total	90	78	58

* Os dados de esquistossomose são baseados nos números positivos para a doença e nos números de ocorrências para o município de São Luís.

Conforme dados da Prefeitura de São Luís, os corpos hídricos do município vem sofrendo constantes alterações em suas condições naturais, principalmente devido à ocupação desordenada do solo e a falta de tratamento de esgotos, que são despejados nos cursos d'água muitas vezes sem tratamento prévio (Tabela 12).

Tabela 12: Condições ambientais dos recursos hídricos no município de São Luís. Fonte: Prefeitura de São Luís (2011).

Condições do Meio Ambiente Aquático	
Descrição	Informação
O meio ambiente afetou as condições da vida humana	Sim

Continuação da Tabela 12: Condições ambientais dos recursos hídricos no município de São Luís. Fonte: Prefeitura de São Luís (2011).

Condições do Meio Ambiente Aquático	
Descrição	Informação
Alterações ambientais relevantes que afetaram as condições de vida	Contaminação de rios, baía etc.
	Ocupação desordenada do solo
	Poluição do ar
	Poluição Sonora
	Presença de lixo
	Esgoto a céu aberto
Recursos naturais foram afetados pela poluição da água:	Despejo de resíduos industriais
	Despejo de esgoto doméstico
	Resíduos sólidos/lixo
	Ocupação irregular das áreas de lençóis subterrâneos

Continuação da Tabela 12: Condições ambientais dos recursos hídricos no município de São Luís. Fonte: Prefeitura de São Luís (2011).

Condições do Meio Ambiente Aquático	
Descrição	Informação
Recursos naturais foram afetados pelo assoreamento de corpo d'água:	Aterro das margens/assoreamento
	Degradação da mata ciliar
	Desmatamento
	Erosão e/ou deslizamento de encostas
Redução da qualidade ou diversidade do pescado:	Por alteração no regime hidrológico
	Por contaminação da água por esgoto doméstico
	Por degradação da Mata ciliar ou de manguezais
	Por prática de pesca predatória

6 DISCUSSÃO

A comunidade bentônica encontrada no estuário do Rio Paciência é formada por espécies similares àquelas dos trabalhos realizados na Costa Maranhense (REBELO-MOCHEL *et. al.*, 2001; LOPES, 2003, COELHO, 2007 e GERCO, 2010).

Do ponto de vista biológico, os organismos bentônicos apresentaram valores altos de abundância no trecho do Igarapé Grande e Iguaíba, onde o nível de stress do

habitat é maior devido à ocupação do solo e conseqüentemente os níveis de descarga de efluentes é mais significativo. Os valores de equitabilidade foram maiores no ponto Igarapé do Meio onde a ocupação do solo é menos densa do que os outros pontos de estudo.

A análise de similaridade estruturou o grau de agrupamento das espécies em função da sazonalidade. Esse padrão de agrupamento pode estar associado ao enriquecimento do ambiente por matéria orgânica no período chuvoso. Não se pôde observar nenhuma correlação entre os parâmetros temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido na distribuição da macrofauna bentônica.

Apesar de não ter havido significativa variação de salinidade na área de estudo, foi observada maior diversidade no ponto Iguaiá, que apresentou maiores valores de salinidade, logo o mesmo encontra-se mais próximo ao ambiente marinho. ROSA-FILHO (2001), em estuários no Rio grande do Sul, atribuiu a menor diversidade dos organismos bentônicos à ampla variação de salinidade, que provocaria um estresse fisiológico durante o período chuvoso. FIGUEIRA (2002) e LOPES (2003) obtiveram diferenças significativas entre os períodos quanto à salinidade. FERNANDES (2003), apesar de não ter estudado variação sazonal, observou maiores diversidades em altas salinidades.

A pouca oscilação da variável temperatura foi semelhante aos resultados encontrados por ACHEAMPONG (2001) e COELHO (2007), indicando que na Costa Norte brasileira, as pequenas oscilações desta variável não têm grande influência na distribuição dos organismos bentônicos.

Quando comparado a macrofauna com a sazonalidade percebemos que alguns parâmetros podem ter influenciado na distribuição da mesma. Onde ocorreu um maior enriquecimento de nutrientes demonstrado pelo nitrato e fosfato, os organismos ocorreram em maior densidade, o mesmo aconteceu para coliformes totais e termotolerantes, os organismos bentônicos da classe Polychaeta foram dominantes onde os níveis de coliformes foram mais elevados. No período de estiagem a espécie *Mytella charruana* não ocorreu em dois pontos da área de estudo. Essa espécie é descrita por COSTA *et. al.*(2004) como sendo uma boa bioindicadora de ambientes poluídos, onde

suporta altos níveis de contaminação aquática. O desaparecimento dessa espécie no período de estiagem pode indicar a melhora do ambiente nesse período, porém estudos com um período maior é necessário para confirmar a não ocorrência de determinada espécie.

No presente estudo mais de 94% do sedimento foi composto por silte e argila, padrão similar ao encontrado por CASTRO *et. al.* (2009), onde 68, 06% do sedimento eram compostos por silte e argila. Substratos com mais silte e argila têm maior percentual de carbono orgânico proveniente da decomposição de detritos, se traduzindo em rica fauna microbiana (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002). Essa fauna, por sua vez, é apontada por WHITLATCH (1981) como base da dieta dos consumidores de depósitos.

No que se refere ao padrão de ocupação da bacia, observou-se que o estuário do Rio Paciência, pode ser enquadrado como de **Média Ocupação**, onde nos pontos Igarapé Grande e Iguaíba, se percebe uma maior urbanização, conseqüentemente mais detritos orgânicos são despejados nessa área. Os dados bióticos vêm comprovar essa afirmativa, através da ocorrência predominante de espécies bioindicadoras nesses pontos de coleta.

A classe de Polychaeta apresentou as maiores abundâncias em todo o estudo, padrão demonstrado em vários estudos sobre a macrofauna bentônica (AMARAL *et. al.*, 1998; LOPES, 2003; PAGLIOSA 2004 e COELHO, 2007). A abundância de *Neanthes succinea*, *Laeonereis acuta* e *Capitella capitata*, pode indicar ambientes com altos teores de matéria orgânica (de origem natural ou antrópica), devido a sua condição de consumidoras de depósito não seletivas e por apresentar vida gregária em todos os estágios de desenvolvimento (BEMVENUTI, 1997; DITTMAN, 2002; LOPES, 2003; PAGLIOSA 2004 e COELHO, 2007). Alguns estudos da macrofauna bentônica relatam o aumento do tamanho corporal da espécie *Laeonereis acuta* em áreas sob impactos de atividades urbanas (PAGLIOSA, 2004 e BARROS, 2007), porém esse aumento da massa corpórea não foi observado nesse estudo.

As espécies de Polychaetas citadas anteriormente estão comumente associadas a locais de fundos lamosos e elevados teores de matéria orgânica, sendo considerados

como indicadores de enriquecimento orgânico. PAGLIOSA (2004) sugere que as respostas destas espécies estão mais relacionadas com as mudanças gerais do ambiente, como na água, do que simplesmente com as modificações nas características dos sedimentos.

As famílias de Bivalves, Crustáceos e Gastrópodes foram similares às encontradas em trabalhos realizados no Maranhão por LOPES (2003), COELHO (2007) e GERCO (2010).

Os gastrópodes *Melampus coffeus* e *Neritina virgínea* têm em comum seu modo de vida, pois geralmente são encontrados nas partes mais elevadas e desce ao solo durante a baixa-mar para forrageamento, sendo dependente da vegetação dos manguezais (CARVALHO *et. al.*, 2007).

O crustáceo, *Uca rapax* distribui-se, no Brasil, do Pará até Santa Catarina, sendo uma das espécies mais abundantes do gênero. Vive em galerias cavadas na lama ou na areia lamosa, nas proximidades dos manguezais, ao longo de rios e riachos tendo tolerância a amplas variações de temperatura e salinidade. (MELO, 1996; SANTOS, 2007).

Estudos sobre a distribuição da macrofauna bêntica em função de gradientes de enriquecimento orgânico (PEARSON & ROSEMBERG, 1978) têm revelado a ocorrência de espécies de moluscos, oligoquetas e principalmente de polychaeta associados a diferentes estágios de poluição orgânica. COSTA *et. al.* (2004) cita algumas espécies que indicam altas concentrações de matéria orgânica em decomposição, entre os polychaetas estão: *Polydora cornuta*, *Scolelepis fulginosa*, *Chaetozone setosa*, *Nephtys*, ***Capitella capitata***, *Capitella ambiseta*, *Heteromastus filiformis*, *Parandalia ocularis*, *Perinereis nuntia vallata*, *Neanthes japonica*, *Glycera alba*, *Nematonereis unicornis*, ***Neanthes succinea***, *Armandia*. e entre os bivalves estão: ***Anomalocardia brasiliana***, *Crassostrea rhizophorae*, ***Mytella sp.***; *Protothaca pectorina*; *Tagelus plebeius* e *Iphigenia brasiliana*.

Foram encontradas espécies descritas por diversos autores (AMARAL *et. al.*, 1998; COSTA *et. al.*, 2004; BARROS, 2007 e PAGLIOSA, 2004) como sendo bioindicadoras de poluição aquática, entre elas as espécies de Polychaeta: *Capitella*

capitata, *Laeonereis acuta* e *Neanthes succinea* e Bivalves: *Anomalocardia brasiliana* e *Mytella charruana*.

As variáveis físicas e químicas são de grande importância na avaliação de ecossistemas aquáticos, pois são usadas como variáveis locais para caracterizar a composição química da água e explicar a variabilidade nas comunidades biológicas aquáticas (SANDIN & JOHNSON, 2004). O nitrato e o fosfato são alguns dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, pois, dependendo de suas concentrações na água, podem atuar como fatores limitantes na produção primária de ecossistemas aquáticos e influenciam na estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos (SMITH *et. al.*, 2007). As fontes artificiais de nitrato e fosfato nos ambientes aquáticos são primariamente os esgotos domésticos, efluentes industriais e as atividades agrícolas (ESTEVES, 1998; TUNDISI, 2005).

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos nitrato e fosfato apresentaram nesse estudo valores elevados aos padrões CONAMA nº 357/05. O que confirma que existe um aporte de efluentes orgânicos no estuário do Rio Paciência. No período chuvoso houve um pico desses nutrientes, devido ao aumento pluvial, onde poluentes que não são lançados diretamente no corpo hídrico, são carregados por ação das chuvas para o sistema estuarino. No estudo realizado por CASTRO *et. al.* (2009) no mesmo estuário somente o fosfato apresentou valores de um ambiente equilibrado, enquanto o nitrato apresentou valores de um ambiente impactado.

O oxigênio dissolvido na água é uma das variáveis mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, pois ocorrem perdas de oxigênio dissolvido pela decomposição da matéria orgânica (dissolvida e particulada) na água. Quando a matéria orgânica encontra-se em grande concentração no ambiente aquático, ocorre a desoxigenação da água (ESTEVES, 1998).

A condutividade elétrica, outro parâmetro analisado nesse estudo, pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais ocasionados por lançamentos de resíduos industriais e esgotos. Esse parâmetro pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Para

ESTEVES (1998), a condutividade elétrica pode fornecer relevantes informações a respeito de processos importantes no ecossistema do rio, como produção (redução dos valores) e decomposição (aumento dos valores).

Apesar de o ambiente de estudo apresentar através de outros parâmetros características de degradação, o oxigênio dissolvido apresentou valores dentro dos padrões CONAMA nº 357/05. A condutividade elétrica não apresentou valores que pudessem indicar um aumento de decomposição orgânica. O fato do oxigênio e da condutividade elétrica não indicarem um ambiente em degradação, reafirma a condição do estuário como um ótimo sorvedouro de poluição aquática, onde os processos físicos de mistura da água, ocasionados pela entrada de água salgada no sistema, renovam e diluem os compostos que estão sendo despejados pelos canais pluviais ou diretamente das residências (PAGLIOSA, 2004).

A temperatura e salinidade variaram conforme a sazonalidade, apresentado valores mais baixos no período chuvoso e valores mais elevados no período de estiagem. Esse mesmo padrão de variação sazonal da temperatura e salinidade também é verificado por vários autores, entre eles CALADO (2004), GERCO (2010), SILVA *et. al.* (2004), e LIRA (2008).

Os impactos da presença e das atividades humanas tem levado a diminuição das áreas alagáveis dos manguezais e marismas. A ocupação e contaminação destes ecossistemas são evidentes e tem sido reportadas no mundo inteiro (RIDGWAY & SHIMMIELD, 2002 apud PLAGLIOSA 2004 e MOREAU *et. al.*, 2010).

Variáveis de saúde humana estão correlacionadas aos indicadores de qualidade de água, pois se considera que a saúde não está dissociada da questão ambiental, principalmente de fatores associados à poluição e à degradação em ecossistemas urbanos (BRANCO, 2002).

Conforme dados do DATASUS (2011a) os municípios onde se localizam a área de estudo, não possuem uma rede de tratamento de esgotos eficiente, capaz de atender a demanda dos municípios. Portanto grande parte dos esgotos domésticos da área de estudo é lançada *in natura* nos corpos hídricos, propiciando a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

O elevado número de coliformes totais e termotolerantes no ponto Iguafba pode ser atribuído ao período chuvoso, onde nesse período ocorre uma maior lixiviação da bacia para o estuário. Esteve presente em todos os pontos de estudo, a bactéria *Escherichia coli*, a mesma pertence ao grupo dos coliformes termotolerantes. Essa espécie possui um hábito primário no trato gastrointestinal do homem e de animais, que de alguma forma, quando liberadas no meio, contaminam corpos d'água, que podem ser usados para ingestão (abastecimento urbano, dessedentação de animais), banho ou recreação, indicando que resíduos orgânicos têm atingindo o ambiente em estudo. COSTA *et. al.* (2004) inferiu que a colimetria (medida do número mais provável de coliformes totais e termotolerantes) é o exemplo mais bem solidificado do uso de um bioindicador. O seu uso é disseminado, bem estabelecido e comparável para qualquer lugar do planeta, pois segue uma metodologia bem estabelecida, reproduzível e amplamente divulgada.

O homem pode contrair uma série de doenças através da água que bebe ou se banha. Os organismos patogênicos que provocam doenças são em sua maioria causadores de infecções do trato intestinal, tais como febre tifoide e paratifoide, shigelose, cólera, campilobacteriose, enterites virais, hepatite A e amebíase (COSTA *et. al.*, 2004).

Durante o período de estudo pode-se observar que a pesca é uma das principais aptidões do estuário do Rio Paciência. Observou-se ainda que a população ribeirinha utiliza-se desse estuário como forma de subsistência. Um estudo realizado por CASTRO *et. al.* (2009) sobre a qualidade da carne do pescado nesse estuário, revelou que várias espécies de peixes apresentaram contaminação fecal. Dados da Prefeitura de São Luís também apresentaram contaminação do pescado proveniente da má qualidade da água. Deste modo a ingestão do pescado, mariscos e da própria água pode afetar a saúde da população do entorno do estuário do Rio Paciência.

O gastrópode *Biomphalaria mansoni* também é descrito como bioindicador de qualidade da água, é ele quem hospeda vermes trematódeos do gênero *Schistosoma*, o mesmo é responsável por transmitir a Esquistossomose.

No Brasil, a esquistossomose mansônica é endêmica em vasta extensão do território e considerada, ainda, um grave problema de saúde pública, porque acomete milhões de pessoas, provocando, anualmente, um número expressivo de formas graves e óbitos. A doença ocorre em localidades sem saneamento ou com saneamento básico inadequado, sendo adquirida pela pele e pelas mucosas devido ao contato do homem com águas contaminadas com as formas infectantes de *S. mansoni*. Entretanto, para que ocorra a transmissão da doença, é indispensável à presença do homem na condição de hospedeiro definitivo, que excreta os ovos do verme pelas fezes, e dos caramujos aquáticos do gênero *Biomphalaria mansoni*, que atuam como hospedeiros intermediários, liberando as larvas infectantes do *S. mansoni* nas coleções hídricas utilizadas pelos seres humanos susceptíveis à doença (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

No presente estudo não foi encontrada a espécie hospedeira do *S. mansoni*, no entanto relatos de distribuição de *Biomphalaria mansoni* e da ocorrência da Esquistossomose são feitos pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (2007). Onde os municípios de Paço do Lumiar, São Luís e São José de Ribamar, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Paciência, possuem casos de Esquistossomose.

Além da Esquistossomose, o consumo de moluscos contaminados pelo *Vibrio parahaemolyticus*, pode desencadear uma toxinose alimentar, já que a fauna de moluscos é bioacumuladora de microorganismos. Esse vibrio patógeno foi encontrado por SERRA *et. al.* (2003) no estuário do Rio Anil, onde ambientes enriquecidos de nutrientes inorgânicos pode levar a uma excessiva produção de biomassa primária (ALAM *et. al.*, 2001), situação que é compatível com a realidade do estuário do Rio Paciência. Tal fato favorece o desenvolvimento e manutenção dessas espécies patogênicas. As espécies *Mytella falcata* e *Anomalocardia brasiliiana* são intensamente explorada pelas comunidades ribeirinhas. Na área de estudo há registros de óbitos provocados por infecções intestinais, podendo estar ligado ao consumo desse alimento contaminado. Portanto um estudo complementar faz-se necessário para associar a ocorrência de infecções intestinais ao consumo dessas espécies de moluscos.

O saneamento básico ainda é uma problemática no Maranhão, e conseqüentemente na Ilha de São Luís, o tratamento de efluentes como os esgotos

domésticos são incipientes e a rede de abastecimento de água também não atende as necessidades da população. Existem ainda moradias dentro da Ilha de São Luís sem fossa séptica e sem rede de abastecimento de água. Cada vez mais a área urbana da Ilha de São Luís se expande e as redes de tratamentos e abastecimentos não acompanham esse desenvolvimento.

O resultado dessa falta de saneamento são os óbitos provenientes de doenças de veiculação hídrica. No ano de 2009 foram registradas 58 mortes nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Paciência (SIM, 2011).

KHAN *et. al.* (2007) mostraram em seu estudo que as taxas de doenças de veiculação hídrica, como a diarreia, aumentam conforme o aumento da proporção de *Escherichia coli* na água, considerado como um indicador microbiológico de qualidade de água, e conforme a diminuição do acesso da população à água potável.

O saneamento básico e a provisão de água segura reduzem dramaticamente a incidência das doenças de veiculação hídrica, aumentando a qualidade de vida do homem e do ambiente.

7 CONCLUSÃO

As variáveis biológicas, como os organismos bentônicos, foram melhores bioindicadores de poluição aquática do que as variáveis físico-químicas. Pois organismos da macrofauna bentônica são mais sensíveis a mudanças no ambiente por estarem intimamente ligados ao solo, por serem organismos sésseis e/ou de locomoção limitada, trazendo uma resposta mais rápida da condição ambiental.

A pluviosidade e o aumento do aporte orgânico determinou a ocorrência das famílias de Polychaeta, sendo a classe dominante no período chuvoso. No período de estiagem a espécie *Mytella charruana* não ocorreu em dois pontos, o que reforça a hipótese de que esta espécie seja uma boa bioindicadora.

Ocorreu uma baixa diversidade de organismos bentônicos quando comparado a outros estudos de macrofauna bentônica.

Não foi possível associar a ocorrência de espécies macrobentônicas com valores de pH, oxigênio dissolvido e condutividade.

Os valores de nitrato, fosfato, coliformes totais e coliformes termotolerantes, apresentaram valores acima dos padrões CONAMA nº 357/05, indicando um ambiente nocivo à saúde humana.

Cinco das nove espécies encontradas na área de estudo são consideradas bioindicadoras, por resistirem ou não, quando submetidas às variações ambientais, são elas: *Neanthes succinea*, *Capitela capitata*, *Laeonereis acuta*, *Mytella charruana* e *Anomalocardia brasiliiana*.

Um dos agentes de doenças de veiculação hídrica, a *Escherichia coli* esteve presente em todas as amostras de água desse estudo, a ingestão da água ou de alimentos contaminados por essa bactéria pode causar gastroenterites na população.

A principal fonte de poluição no estuário do Rio Paciência está ligada ao despejo de esgotos domésticos *in natura* no corpo hídrico, pois as redes de tratamentos de esgotos nos municípios banhados pela bacia hidrográfica do Rio Paciência são insuficientes. O reflexo dessa falta de saneamento é a ocorrência de óbitos provenientes de doenças de veiculação hídrica na Ilha de São Luís.

O estuário do Rio Paciência apresentou características ambientais de um corpo hídrico que vem sofrendo com intervenções antrópicas. Essas intervenções impactam a saúde do ambiente e da população que necessita desse recurso hídrico, logo a água é uma condição indispensável à existência do homem.

A avaliação de indicadores múltiplos, incluindo parâmetros abióticos, biológicos, epidemiológicos e de ocupação do solo, mostrou-se útil para uma compreensão mais realista dos processos de degradação do estuário do Rio Paciência e suas implicações na saúde da população do entorno deste estuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHEAMPONG, E., 2001. Distribution of Macrozoobenthos Abundance and Biomass in Intertidal Soft Sediments of North-east Brazil. **Dissertação (Mestrado)** - University of Bremen, Bremen. 69p

ALAM, MJ, K TOMOCHIKA, S MIYOSHI & S SHINODA, 2001. Analysis of seawaters for the recovery of culturable *Vibrio parahaemolyticus* and some other Vibrios. **Microbiol. Immunol**, Tokyo, v.45, n. 5, p. 393-397, 2001.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA, 1985) - **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation.

AMARAL, A. C. Z.; NONATO, E. F. 1996 – Annelida, Polychaeta – características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. **Campinas, São Paulo. Ed. Unicamp.**

AMARAL, A. C., MORGADO, E. H. & SALVADOR, L. B., 1998, Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas. *Res. Brasil. Biol.*, 58(2):307-316.

AMARAL, A. C. Z.; RIZZO, A. E.; ARRUDA, E. P. 2005. Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região sudeste-sul do Brasil. Vol.1. **Ed. da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 288 p.

BARBOSA, F.; BARRETO, F. C. de S., 2008. Ângulos da água: desafios da integração. **Belo Horizonte: Editora UFMG.** 366p.

BARROS, H.R., 2007. Anelídeos Polychaeta Bioindicadores de Matéria Orgânica em duas praias da Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. **Monografia.** Universidade Federal do Maranhão.

BEMBENUTI, C.E., 1997. Benthic invertebrates. In: Subtropical convergence environments: the coast and sea in the southwestern Atlantic. SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. e CASTELLO, J. P.(eds.). **Springer, Berlin.** p. 43-46.

BROWN, L.R., GRAY, R.H., HUGHES, R.M., MEADOR, M.R. 2005. Introduction to effects of urbanization on stream ecosystems. In: Brown, L.R., Gray, R.H., Hughes, R.H., Meador, M.R. (editors). Effects of urbanization on stream ecosystems. American Fisheries Society, Symposium, 47, Bethesda, Maryland. 1-8 P.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências.

BRANCO, S.M. 2002. Água, Meio Ambiente e Saúde. In: Rebouças, A.C; Braga, B.; Tundisi, J.G. **Águas Doces do Brasil. 2ª Ed.** São Paulo: Escrituras Editora. 227- 248 p.

BUSS, D. F., BAPTISTA, D. F., SILVEIRA, M.P., Nessimian, J. L., Dorvillé, L. F. M. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. **Hydrobiologica** 481: 125-136.

CALADO, S. C. de. S. Níveis de concentrações de metais pesados em macroalgas e em sedimentos marinhos do Estado de Pernambuco – Brasil. 2004, 141 f. **Tese (Doutorado em Oceanografia)**. Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M., 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82.

CALLISTO, M.; MORENO, P. 2008. Programa de Biomonitoramento de Qualidade De Água e Biodiversidade Bentônica na Bacia do Rio das Velhas. IN: LISBOA, A. H.; GOULART, E. M. A.; DINIZ, L.F.M. (Org). **Projeto Manuelzão: A história da mobilização que começou em torno de um rio.** Belo Horizonte, MG. **Instituto Guacuy**, 260p.

CASTRO, A.C.L., SOARES, L.S., FRANÇA, V.L., CAVALCANTE, P.R.S., LOPES, M.J.S., DOURADO, E.C.S., CUTRIM, M.V.J., MELO, O.T., MARTINS, A.S. & AZEVEDO, J.W.J, 2009. Subsídios para o planejamento e manejo da bacia do Rio Paciência. Fundação Sôsândrade. 93p.

CARVALHO, F.L., SOUZA, E.A. & SANTANA, M.S. 2007. Distribuição espacial de *Melampus coffeus* (Linnaeus, 1758) (Gastropoda, Pulmonata, Ellobiidae) no manguezal do Mamoã, Ilhéus, Bahia. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. Change in Marine Communities: an Approach to Statistical analysis and Interpretation. 2 ed. **Plymouth: Plymouth Marine Laboratory**. 2001.

COELHO, C. M., 2005, Composição e densidade da Macrofauna Bentônica de Substratos Móveis dos Manguezais da Baía de Turiaçu e do Porto do Itaqui – Maranhão. **Monografia**, UFMA, 38p.

COELHO, C.M, 2007. Distribuição Espacial e Temporal do Macrozoobentos de Hábitats Entremarés do Canal da Raposa, Maranhão, Brasil. **Dissertação (Mestrado de Biodiversidade e Conservação)**, UFMA. 65p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA MG. Disponível em: http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doenças.pdf. Acessado em: 20/09/2011.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a qualidade da 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 Republica Federativa do Brasil. Brasília, 08 de janeiro de 2001.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n° 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 da outras providencias.

COSTA, M. F., LEITÃO, S. N., SANTOS, L.P.S., 2004, Oceanografia: Um Cenário Tropical. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. **Edições Bagaço-PE**, 761p.

DATASUS, www.datasus.gov.br, acessado em 15 de Setembro de 2011a.

DATASUS, <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/aagma.def>, acessado em 26 de Setembro de 2011b.

DAVIS, J.R. 1997. Revitalization of a northcentral Texas river, as indicated by benthic macroinvertebrate communities. **Hydrobiologia** 346: 95-117.

DELONG, M.D. & BRUSVEN, M.A. 1998. Macroinvertebrate Community Structure Along the Longitudinal Gradient of an Agriculturally Impacted Stream. **Environmental Mangement** 22 (3): 445-457.

DITTMAN, S. Benthic Fauna in Tropical Tidal Flats – A Comparative Perspective. **Wetlands Ecology and Management**. 10: 189-195, 2002.

ESTEVEES, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. **Rio de Janeiro: Interciência**.

FERES, S.J.C., SANTOS, L.A. & TAGORI-MARTINS, R.M.C, 2008. Família Nereidae (Polychaeta) como bioindicadora de poluição orgânica em praias de São Luís, Maranhão-Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 21:95-98.

FERREIRA, A.J.A., 1993. A Urbanização e A Problemática Ambiental em São Luís – Maranhão. **Monografia**. (Especialização em planejamento ambiental), UFMA.

FERREIRA, J. A. & VANIN, A. M. S. P., 2003, Influência de um gradiente de poluição orgânica sobre a distribuição e composição do macrozoobentos da Enseada de Ubatuba, SP, Brasil. **VI Congresso de Ecologia do Brasil**, Fortaleza, 2003.

FERNANDES, M. E. B., 2003. Macroendofauna Bêntica de Substrato Móvel. In: FERNANDES, M. E. B. (org). Os Manguezais da Costa Norte. **São Luís: Fundação Rio Bacanga**. p.87-103.

FIGUEIRA, E. A. G., 2002. Caracterização da Comunidade Macrobentônica dos Manguezais do Furo Grande, Bragança, Pará. **Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental)** Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança, Pará. 109p.

GERCO, 2010. Avaliação da Área Costeira da Ilha do Maranhão : Gerco – Ma. IN: LOPES, A.T.L. (Org); AZEVEDO, J. W. DE JESUS; FERES, S.J.C; MELO, C. D.P.;

VALLE, N.; RODRIGUES, A.A.F.; CASTRO, A.C.DE LEAL; VIANA, D.C.P.; LINHARES, J. F.P.; SANTOS L. DE ANDRADE; CUTRIM, M.V.J; LOPES, M.J.S.; SILVEIRA, P.C.; MACIEL, R. F. & SÁ, S.M.O. **Governo do Estado do Maranhão**. 476p.

GOODYEAR, K. L.; McNEILL, S. Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macro-invertebrates of different feeding guilds: a review. **The Science of the Total Environment**, v. 229, p.1-19, 1999.

GOULART, M.D. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*.

HARE, L. Aquatic insects and trace metals: bioavailability, bioaccumulation and toxicology. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 22, p. 327-369, 1992.

HARE, L.; CAMPBELL, P.G.C. Temporal variations of trace metals in aquatic insects. **Freshwater Biology**, v. 27, p. 13-27, 1992.

KASANGAKI, A., BABAASA, D., EFITRE, J.; MCNEILAGE, A., BITARIHO, R. 2006. Links between anthropogenic perturbations and benthic macroinvertebrate assemblages in Afromontane forest streams in Uganda. **Hydrobiologia** 563: 231-245.

KHAN, R., PHILLIPS, D., FERNANDO, D., FOWLES, J., LEA R., 2007. Environmental health indicators in New Zealand: drinking water – a case study. **EcoHealth** 4: 63-71.

KÖPPEN, W. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra. **México: Fondo de Cultura Económica, 1949**.

KREBS, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. **Harper and Row Publishers, New York**. 654 pp

LIRA, J. B. de M. Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife-Pernambuco, Brasil. 2008, 77 f. Dissertação (**Mestrado em Tecnologia Ambiental**). Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 2008.

LYNCH, T. R.; POPP, C. J.; JACOBI, G. Z. Aquatic insects as environmental monitors of trace metalcontamination: Red River, New Mexico. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 42, p.19-31, 1988.

LOPES, A. T. L. Estrutura das Comunidades Macrobentônicas em Regiões Entre-marés de Praias Arenosas Utilizadas por Aves Limícolas Migratórias na Costa Norte do Brasil. **Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Zoologia)** – Universidade Federal do Pará, Belém, 2003. 85 p.

MARANHÃO, 1998. Diagnóstico Ambiental da Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário: estudo hidrológico. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 55p.

MARQUES, M.M., BARBOSA, F. 2001. Biological quality of waters from a impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, southeast Brazil), using benthic macroinvertebrates communities as an indicator. *Hydrobiologia* 457: 69-76.

MATSUURA, Koishiro. Bioindicadores em Ecossistemas. Unesco, 2000.

MELO, G.A.S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, **Editora Plêiade**, 604p.

MELO, G.A.S. 1999. Manual de Identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinura e Astacidea. **São Paulo: Plêiade/FAPESP**, 1999. 551 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007. Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiológica. Diretrizes Técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE). **Editora do Ministério da Saúde**. 2ª Edição. Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2007. 178 p. : il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

MYSLINSKI, E.; GINSBURG, W. (1977). Macroinvertebrates as indicator of pollution. **Journal AWWA-Water Technology/Quality**. p. 538-544.

MORENO, P. & CALLISTO, M. 2006. Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeaster. Brazil. **Hydrobiologia** 560: 311-321.

MORENO, P. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). **Tese (Doutorado)**.

Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 94 p.

MOREAU, A.M.S.S; HORA, J.B; AMORIM, R.R.; KER, J.C.; GOMES, F.H.G & MOREAU, M.S., 2010. Uso e ocupação dos Manguezais da área urbana de Ilhéus: Uma abordagem histórica e socioambiental. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. Número especial 2, Manguezais do Brasil. p. 1-9.

OLIVEIRA, V. M. & MOCHÉL, F. R., 1995, Macroendofauna bêntica de substratos moles de um manguezal sob impacto das atividades humanas no sudoeste da Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. *Bol. Lab. Hidrobiol.*, 12: 75- 93.

OLIVEIRA, N. B., 2009, **Caderno de Texto: Iª Conferência Nacional de Saúde Ambiental**. *Urbanização Brasileira e Saúde Ambiental*. Editora Abrasco Livros, 122 p.

PAGLIOSA, P.R., 2004, Variação Espacial nas Características das Águas dos Sedimentos e da Macrofauna Bêntica em Áreas Urbanas e em Unidades de Conservação na Baía da Ilha de Santa Catarina. **Tese de Doutorado**, Universidade de São Carlos.

PANTRONI, A. L., 2010. Variabilidade espacial do macrobentos em uma área de plataforma interna próximo à desembocadura da Baía de Paranaguá - Paraná – Brasil. Dissertação, UFP, 52p.

PAULA, S.N.C, 2010, Biomonitoramento como instrumento de detecção de contaminantes ambientais. *Monografia*. Instituto Pedagógico de Vitória, 38p.

PEARSON, T. H. & ROSEMBERG, R., 1978, Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.**, 16:229-331.

PEREIRA, R. C. e SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

POMPEU, P. P.; ALVES, M. C. B.; CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. **American Fisheries Society**, 2004.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS, disponível em:

http://www.saoluis.ma.gov.br/mapaSocioEconomico/ambiental/carac_meio_ambiente/condicoes_meio_ambiente.htm. Acessado em 22/09/2011.

PROGRAMA DE CONTROLE DA ESQUISTOSSOMOSE – PCE, disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinan/pce/cnv/pce.def>. Acessado em 26/09/2011.

QUEIROZ, J. F., TRIVINHO-STRIXINO, S., NASCIMENTO, V. M. C. 2000. Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da bacia do médio São Francisco. Comunicado Técnico Embrapa Meio Ambiente. Ministério da Agricultura e do Abastecimento nº3, novembro ISSN 1516-8638.

REBELO, F. C., 1986. **Metodologia para o Estudo da Endofauna de Manguezais (Macro-bentos)**. In: **Guia para o Estudo de Áreas de Manguezal Estrutura, Função e Flora**. Schaeffer – Novellii & CCintrón, G. (ed.). Caribbean Ecological Research, São Paulo, 150 + 3 apêndices.

REBELO-MOCHEL, F.; CUTRIM, M. V. J.; FERREIRA-CORREIA, M. M.; IBAÑEZ, M. S. R.; AZEVEDO, A. C. G.; OLIVEIRA, V. M.; PESSOA, C. R. D.; MAIA, D. C.; SILVEIRA, P. C.; IBAÑEZ-ROJAS, M. O. A.; PACHECO, C. M.; COSTA, C. F. M.; SILVA, L. M. e PUISECK, A. M. B. Degradação dos Manguezais na Ilha de São Luís (MA): Processos Naturais e Impactos Antrópicos. In: PROST, M. T. e MENDES, A. C. (org). **Ecosistemas Costeiros: Impactos e Gestão Ambiental**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 113-131.

REBOUÇAS, A.C. 2002. Água doce no Mundo e no Brasil. In: Rebouças, A.C; Braga, B.; Tundisi, J.G. **Águas Doces do Brasil. 2ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora**. 10-37p.

RIBEIRO, L.O. & UIEDA, V. S. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, **Brasil. Revista Bras. De Zoologia** 22(3): 613-618.

ROSA-FILHO, J. S., 2001. Variações Espaço-Temporais das Associações de Macroinvertebrados Bentônicos de Fundos Moles dos Estuários do Rio Grande do Sul (Brasil): Influência de fatores naturais e introduzidos, e modelos para sua predição. **Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica)** – Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 201 p.

ROSENBERG, D.M.; WIENS, A. P. 1976. Community and species ~responses of Chironomidae (Diptera) to contamination offresh waters by crude oil and petroleum products, withspecial reference to the Trail River, Northwest Territories. **J. Fish. Res. Board Can.** 55: Z955-Z963.

SANDIN, L., JOHNSON, R. K. 2004. Local, landscape and regional factors strutting benthic macroinvertebrates assemblages in Swedish streams. **Landscape Ecology** 19: 501-514.

SANTOS, L. A. Caracterização da macroendofauna do manguezal da ilha de Tauá-mirim, Golfão maranhense, Brasil. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Curso de Ciências Biológicas - UFMA. **Monografia de conclusão de curso.** 39p. 2007.

SERRA, C.L.M; CAVALCANTE, P.R.S; ALVES, L.M.C.; NASCIMENTO, A.R. e DINIZ, S.C.C. DE S., 2003. Avaliação de parâmetros físicos e químicos e pesquisa de *Vibrio parahaemolyticus* em águas do estuário do Rio Anil (São Luís, Estado do Maranhão). **Acta Scientiarum.** v.25, n.2, p. 261-266.

SILVA, M. H.; PASSAVANTE, J. Z. DE O.; SILVA-CUNHA, M. da G. G.; VIEIRA, D. A. DO N.;GRECO, C. K. DA S.; MUNIZ, K., 2004. Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso(Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 1, p. 89-106.

SILVA, L.J.C., 2008. O estado ambiental como indicador da qualidade de vida da população: uma análise de relação saúde e ambiente no centro urbano no município da Raposa, Maranhão, Brasil. **Dissertação (Mestrado de Saúde e Ambiente)- UFMA,** 169p.

SILVEIRA, S. S. B.; SANT'ANA, F. S. P. Poluição Hídrica. In: MARGULIS, S. (ed.) **Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e econômicos.** Rio de Janeiro: IPEA/PNUD, 1990.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE MORTALIDADE – SIM. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/obt10ma.def>. Acessado em: 20/09/2011.

- SMITH, A.J., Bode, R.W., KLEPPEL, G.S. 2007. A nutrient biotic index (NBI) for use with benthic macroinvertebrate communities. **Ecological Indicators** 7: 371-386.
- SOUZA, R.F.P & JUNIOR, A.G.S., 2004. Poluição hídrica e qualidade de vida: o caso do saneamento básico no Brasil. In: Congresso da Sober, 2004, Cuiabá. Anais do Congresso da Sober.
- STATSOFT, INC. **Statistica**: data analysis software system. Version 6. 2001. Disponível em: <www.statsoft.com>. Acesso em: 30 de agosto de 2011.
- SUGUIO, K. 1973. Introdução à sedimentologia. **Editora Edgar Blücher, EDUSP**, São Paulo, 357p.
- TUNDISI, J.G. 2005. Água no século XXI: Enfrentando a escassez. **2ª Ed. São Carlos: RiMa, IIE**. 248 p.
- TUCCI, C.E.M. 2008. Águas urbanas. **Estudos Avançados** 22(63): 97-112.
- VOELZ, N.J., SEN-HER SHIEH, WARD, J.V. 2000. Long-term monitoring of benthic macroinvertebrate community structure: a perspective from a Colorado river. **Aquatic Ecology** 34: 261-278.
- WHITLATCH, R. B. Animal-sediment Relationships in Intertidal Marine Benthic Habitats: Some Determinants of Deposit-feeding and Species Diversity. **Rev. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 53: 31-45. 1981.