



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –
AMAZÔNIA ORIENTAL
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

DIRLENE FERREIRA DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS NA
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DO
GUAJARÁ E DO RIO GUAMÁ (BELÉM-PARÁ)

Belém-Pa

2006



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –
AMAZÔNIA ORIENTAL
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

DIRLENE FERREIRA DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS NA
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DO
GUAJARÁ E DO RIO GUAMÁ (BELÉM-PARÁ)

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pará, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental e da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Orientador(a): Prof^ª Dra. Rossineide Martins da Rocha.
UFPA.

Co-Orientador(a): Prof^ª Dra. Karla Tereza Silva
Ribeiro UFPA.

Belém-Pa

2006



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –
AMAZÔNIA ORIENTAL
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

DIRLENE FERREIRA DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DO GUAJARÁ E DO RIO GUAMÁ (BELÉM-
PARÁ)

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pará, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental e da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Data: ____/____/____.

Orientador(a): Prof^a Dra. Rossineide Martins da Rocha. UFPA.

Co-Orientador(a): Prof^a Dra. Karla Tereza Silva Ribeiro UFPA.

Banca Examinadora:

Prof^a Dra. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira
Departamento de Histologia e Embriologia-UFPA

Prof^a Dra. Hilma Tavares
Centro Agropecuário - UFPA

Prof^a Dra. Antônia Benedita Rodrigues Vieira
Departamento de Patologia-UFPA

Belém-Pa

2006

Silva, Dirlene Ferreira da

Utilização de indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água da Baía do Guajará e do Rio Guamá (Belém-Pará) / Dirlene Ferreira da Silva; orientadora, Rossineide Martins da Rocha.- Belém: [s.n.], 2006.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Agrárias, Núcleo de Estudos em Ciência Animal, 2006.

1. Água-Controle de qualidade. 2. Água-Poluição. 3. Indicadores biológicos. 4. Guamá, Rio – Aspectos ambientais. 5. Guajará, Baía de (PA) – Aspectos ambientais. I. Título.

CDD 628.161

DEDICATÓRIA

A minha mãe Arlete...

Ao meu pai Benedito *in memória*...

Aos meus irmãos e irmãs.....

Ao meu namorado.....

Com amor, admiração e gratidão pela compreensão e
incansável apoio durante a elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças nos momentos mais difíceis para prosseguir com este trabalho;

À Prof. Dra. Rossineide Martins da Rocha, pela orientação, ensinamentos e pelo grande esforço dispensado na elaboração deste trabalho;

À Prof. Dra. Karla Tereza Silva Ribeiro, pela co-orientação, paciência e pelos conselhos que vinham sempre em boa hora;

A Prof. Msc. Adriana Bordalo, por ter cedido gentilmente os dados físico-químicos para a complementar este trabalho;

As minhas grandes amigas Áurea Rosa, Sabrina e Débora, pelo convívio, amizade, constante incentivo e paciência durante a elaboração deste trabalho;

Aos técnicos do laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Pará Pedro e Celina, que me ajudaram na preparação dos meios de cultura;

As minhas primas Adriene e Artemisa, com quem sempre pude contar durante a toda a trajetória do mestrado;

Aos amigos que compartilharam o laboratório de Histologia e Embriologia da UFPA, Gicelle, Rodolpho, Carol, Paulinha, Mirna, Ciane, Lia, Paulo, Messias, Luana e Liene, pelos momentos de descontração, alegria, e por me proporcionar um ambiente maravilhoso de convivência;

À Prof. Dra. Auxiliadora Pantoja, pela ajuda com os gráficos e mapas deste trabalho.

Ao meu namorado Ivaldo, pela atenção, carinho, incentivo, compreensão e incansável apoio na elaboração deste trabalho;

Ao seu Augusto, que tanto contribuiu nas correções desta dissertação. Nunca vou esquecer o que o senhor sempre dizia “Tá ficando bom”;

À minha mãe Arlete, Aos meus irmãos e irmãs, que são meus incentivos para crescer profissionalmente e como ser humano;

À todos da turma do Mestrado de Ciência Animal do ano de 2005, passamos por muitas coisas juntos, mas valeu;

Em especial, agradeço à minha amiga Keila Mourão e ao meu amigo Ronald Cardoso, pelos ensinamentos, pela paciência e apoio no desenvolvimento deste trabalho; pela compreensão, carinho e amizade sincera sempre. OBRIGADA!

EPÍGRAFE

O Importante não é o ponto onde vos encontrais, mas sim a direção em que caminhas os vossos passos e a vida que vos propondes a seguir.

O ambiente que vos rodeia, o ponto de onde partiste e o trecho do caminho já percorrido, não são tão importantes como atitude mental com que vos resolveis continuar a marcha e o rumo que haveis de dar.

Holmes

RESUMO

Belém, a capital do estado do Pará, possui uma posição geográfica privilegiada devido a uma vasta rede hidrográfica que permite a entrada de marés vinda da baía do Guajará e do rio Guamá. Estes são importantes ecossistemas aquáticos para a região. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água da baía do Guajará e do rio Guamá através de análises microbiológicas e da utilização de peixes como biomarcadores. Durante o estudo foram feitas quatro coletas durante quatro períodos: intermediário chuvoso (dezembro/04), chuvoso (março/05), intermediário seco (junho/05) e seco (setembro/05). Foram coletadas 100ml de água superficial em quatro pontos localizados na baía do Guajará (porto do Arapari, Ver-o-Peso, Igarapé do Una e ilha da Barra) e três pontos no rio Guamá (Linhão, Igarapé do Tucunduba e porto da Palha). A análise microbiológica foi feita de acordo com a descrição da 20ª edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Para a análise de biomarcadores foram feitas pescarias experimentais e capturados um total de 36 peixes da espécie *Brachyplatystoma rousseauxii*. Após a coleta foi feita análise histológica do fígado. Os resultados das análises microbiológicas demonstraram que em seis pontos de coleta as concentrações de coliformes totais e termotolerantes foram maiores durante os períodos intermediário chuvoso e chuvoso, sendo que o ponto localizado na ilha da Barra apresentou baixa concentração desses indicadores sanitários durante os quatro períodos de coleta. A água da baía do Guajará e do rio Guamá de acordo com a portaria do CONAMA Nº 357/ 2005 são águas pertencentes a classe três, no entanto elas apresentaram níveis de coliformes totais e termotolerantes acima do limite estabelecido para esta classe de água, com exceção do ponto localizado na ilha da Barra. A análise microbiológica sugere que a água da baía do Guajará e do rio Guamá apresenta altos índices de contaminação fecal. Em relação a análise dos fígados da espécie *Brachyplatystoma rousseauxii* os resultados demonstram que nos locais de lançamentos de efluentes houve uma variação no número de indivíduos com alterações do tecido hepático, sendo encontrados 24 peixes com alterações. O Igarapé do Una foi o local com maior número de peixes com fígados alterados. Os resultados encontrados neste trabalho sugerem que o ambiente da baía do Guajará e do rio Guamá encontram-se em início de degradação devido ao excesso de despejo de efluente doméstico e industrial que representam um risco para o equilíbrio das comunidades aquáticas.

Palavras – chaves: Qualidade da água, coliformes, biomarcadores, baía do Guajará, rio Guamá, períodos.

ABSTRACT

Belém, of Pará has a high hydrographic system, in this way is possible the entrance of tides come from Guajará's bay and of Guamá river. These are important aquatic ecosystems to the region. The purpose of this research is to evaluate the quality of water from Guajará's bay and Guamá river, through microbiological and biomarkers analysis. During the research were made four collects in four periods: intermediate rainy (December/04), rainy (March/05), intermediate dry (June/05) and dry (September/05). Sample 100 ml of surface-water were collected in four places in Guajará's bay (Arapari's harbor, Ver-O-Peso, Una's River and Barra's Island) and three places in Guamá's river (Linhão, Tucunduba river, and Palha's harbor). The microbiological analysis was done according to the description of 20th edition of standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, 1998). To the analysis of biomarkers was captured *Brachyplatystoma rousseauxii* species. After collect we did histological analysis of livers. The result of the microbiological analysis showed that in six places of the collect the concentration of total coliforms and thermotolerants were higher during the intermediate rainy period. During the four periods of collect, Barra's island showed a less concentration of these domestic pollution. In accordance with law CONAMA 357/2005, the water of Guajará's bay and Guamá river belong to class three, but they have more total coliforms and thermotolerants than is determined to this water's class, however the in Barra's island was the exception. The microbiological analysis showed a high fecal contamination in the Guajará's bay and Guamá river. The result of analysis in the livers of *Brachyplatystoma rousseauxii* species showed variations in hepatic tissue of some of these fishes collected in places where the effluents are thrown, we met 24 fishes with alteration. The Una's river had more fishes with alteration than others. The result of this studies showed that the environment of Guajará's bay and the Guamá river are in an initial degradation, because a lot of domestic and industrial effluents are thrown in these waters. It affects the balance of aquatic community.

Key-words: Quality of water, coliforms, biomarkers, Guajará's bay, Guamá river, period.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Mapa dos locais de coleta orla de Belém-Pará.....	16
Figura 02 – Linhão de Transmissão da Eletronorte Belém-Pará.....	17
Figura 03 - Ilha da Barra Belém-Pará.....	17
Figura 04 - Vista do Igarapé do Tucunduba.....	18
Figura 05 – Igarapé do Tucunduba, Belém-Pará.....	18
Figura 06 - Porto do Arapari, Belém-Pará.....	19
Figura 07 - Vista do porto da Palha, Belém-Pará.....	19
Figura 08 – Complexo Ver-o-Peso, Belém-Pará.....	20
Figura 09 - Igarapé do Una, Belém-Pará.....	20
Figura 10 – Exemplares <i>Brachyplatystoma rousseauxii</i> , dourada.....	24
Figura 11 – Gráfico da diversidade bacteriana.....	27
Figura 12 – Gráfico da concentração de coliformes nas proximidades do Linhão de Transmissão da Eletronorte em diferentes períodos.....	29
Figura 13 – Gráfico da conc. de coliformes na ilha da Barra em diferentes períodos.....	30
Figura 14 – Gráfico da concentração de coliformes no Ver-o-Peso em diferentes períodos	30
Figura 15 – Gráfico concentração de coliformes no igarapé do Tucunduba em diferentes períodos.....	31
Figura 16 – Gráfico conc. de coliformes no igarapé do Una em diferentes períodos.....	32
Figura 17 – Gráfico da concentração de coliformes no porto do Arapari em diferentes períodos.....	32
Figura 18 – Gráfico da concentração de coliformes no porto da Palha em diferentes períodos.....	33
Figura 19 – Gráfico da variação espacial e temporal das concentrações de nitrato na baía do Guajará e no rio Guamá.....	34
Figura 20 – Gráfico da variação espacial e temporal das concentrações de nitrito na baía do Guajará e no rio Guamá.....	35
Figura 21 – Gráfico da variação espacial e temporal das concentrações de fosfato na baía do Guajará e no rio Guamá.....	36

Figura 22 – Gráfico da variação espacial e temporal das concentrações de amônia na baía do Guajará e no rio Guamá..... 37

Figura 23 – Gráfico da variação espacial e temporal das concentrações de sólidos totais dissolvidos na baía do Guajará e no rio Guamá..... 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Média geométrica, Mínimo e Máximo do Número Mais Provável de coliformes.	28
Tabela 02- Temperatura e pH variação espaço temporal.....	39
Tabela 03 - O número de peixes com alterações e normais nos pontos de coleta.....	40

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	8
2.2. VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	10
2.3. BIOMARCADORES.....	12
3. OBJETIVO.....	14
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. METODOLOGIA.....	15
4.1. MAPEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
4.2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM.....	17
4.3. COLETA DE ÁGUA SUPERFICIAL.....	21
4.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
4.4.1- Teste presuntivo para coliformes.....	22
4.4.2- Teste confirmativo para coliformes totais.....	22
4.4.3- Teste confirmativo para coliformes termotolerantes.....	23
4.4.4- Exame completo.....	23
4.4.5- Análise de Bioindicadores.....	24
4.4.6- Análise Histológica.....	25
4.5. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	25
4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	26
5. RESULTADOS.....	27
6. DISCUSSÃO.....	41
7. CONCLUSÃO.....	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Belém, a capital do estado do Pará, situada às margens da baía do Guajará, na foz do rio Guamá, possui uma posição geográfica privilegiada, formada por uma vasta rede hidrográfica que permite a entrada de marés vindas da baía e do rio (PARÀ, 1995).

A baía do Guajará faz parte do estuário do rio Amazonas, tem forma alongada e estreita, comunica-se com a baía do Marajó e sofre influência direta das marés oceânicas. Situa-se a oeste da cidade de Belém, recebendo principalmente as águas dos rios Acará e Guamá. A água da baía do Guajará é barrenta e, no período de baixa pluviosidade na região, fica salobra devido ao avanço das águas do oceano, caracterizando um estuário temporário (MOREIRA, 1966).

O rio Guamá margeia a cidade de Belém pelo sul e deságua na baía do Guajará, suas águas são pouco transparentes com grande quantidade de material em suspensão proveniente das atividades erosivas de suas margens. Esse material é principalmente argiloso, tornando as águas turvas de coloração amarelada. No seu curso inferior até São Domingos do Capim sofre influência das marés que provocam correntezas periódicas, principalmente na estiagem (PENTEADO 1968).

O ambiente fluvial de Belém está ameaçado por diversos fatores como: o crescimento indiscriminado da cidade, a insuficiência de infra-estrutura básica à ocupação de áreas sujeitas a inundações, a destruição das reservas ecológicas e a poluição do meio ambiente (FRANÇA, 2001).

A cidade de Belém, principalmente após a década de 50, vem passando por mudanças profundas em seu espaço físico-territorial em virtude de seu crescimento, acarretando inúmeros problemas socioeconômicos e ambientais devido a ocupação desordenada do uso do solo, ao longo do rio Guamá e da baía do Guajará (IDESP, 1990).

O reflexo do processo de urbanização se deu, sobretudo, ao longo da baía do Guajará, nos inúmeros rios e igarapés que cortam a cidade, tendo como consequência a degradação ambiental, resultado de sistemas de saneamento básico ineficiente como a coleta de resíduos sólidos, os sistemas de esgotos e a drenagem urbana (RIBEIRO, 2002).

Segundo Ribeiro (2004), o principal corpo receptor da rede de esgoto de Belém é a baía do Guajará, que recebe um alto volume diário de efluentes proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto do Una (ETE-UNA).

Pesquisa realizada por Ribeiro (2004) para avaliar a qualidade sanitária do rio Guamá, foi demonstrado altos índices de coliformes termotolerantes na água, comprovando a contaminação por esgoto doméstico e industrial.

Os lançamentos de efluentes no ambiente hídrico em quantidades que vão além da capacidade de diluição, ciclagem e autodepuração, podem levar a alterações e impactos na composição química natural das águas, gerando desequilíbrios ecológicos. No caso de efluentes ricos em matéria orgânica, como esgotos domésticos e industriais, podem ocasionar a eutrofização. Quando se trata de efluentes contendo compostos tóxicos, geram efeitos letais e subletais para a biota aquática (CLARCK, 2002).

Qualquer substância que intensifique a produtividade de um habitat pode ser considerada um fertilizante. A eutrofização é consequência da fertilização artificial. Esse fenômeno causa mudanças nas condições biológicas de um corpo d'água, podendo alterar a composição das espécies, aumentar o acúmulo de matéria orgânica, produzir altas taxas de decomposição bacteriana que por sua vez promove a desoxigenação da água. Na condição de hipoxia pode ocorrer morte dos peixes, o que contribui para intensificar a carga de matéria orgânica (RICKFLES, 1996).

A região Amazônica é recortada por uma complexa rede de rios de tamanhos variados, igarapés e riachos, que drenam vários platôs de terrenos baixos sujeitos a inundações periódicas. Essas águas contribuem para a formação das diversas bacias Amazônicas.

De acordo com Sioli (1985), as águas Amazônicas diferem em sua composição, na região é possível dividi-las em três classes:

- Nas águas brancas é observada uma intensa produção primária devido a sua riqueza em cátions como cálcio, potássio, sódio, magnésio e outros. Há uma pesada carga de sedimentos argilosos em suspensão vinda dos Andes, o que confere a essas águas uma tonalidade “café com leite”.
- As águas pretas possuem fertilidade mínima, a produção primária é quase inexistente, assim como os sedimentos em suspensão, além disso, a condutividade elétrica é baixa em função das substâncias húmicas em suspensão que ocasionam também a acidez das águas.
- As águas claras carregam pouco material em suspensão e têm aparência cristalina, são ácidas e pobres em sais minerais, apresentam baixas concentrações de cálcio e magnésio.

A baía do Guajará e o rio Guamá apresentam características que permitem incluí-los na classe de águas brancas. As características dessas águas vêm sendo alteradas pela ação do homem ao longo dos anos devido ao crescimento urbano industrial de Belém (RAMOS, 2004).

A concentração populacional em regiões urbanas é um dos principais aspectos para ser considerado quando se trata de recursos hídricos, uma vez que implica tanto por disponibilidade de água para abastecimento público quanto para dissolução de cargas poluidoras urbanas. A situação de poluição hídrica tem se agravado no Brasil, considerando-se o aumento da poluição urbana e industrial, o uso inadequado do solo, a erosão, o desmatamento, a agricultura e a mineração (SOUZA *et al.*, 2004).

Estes fatores associados à distribuição anual das chuvas e as características climáticas provocam impactos consideráveis sobre os recursos hídricos, dentre os quais vale destacar o aumento no transporte de sedimentos e a contaminação orgânica e química das águas (SOUZA *et al.*, 2004).

Assim, a ocupação desordenada das grandes cidades vem contribuindo para o aumento da degradação ambiental, devido a maioria dos domicílios não estarem ligados à rede de esgoto e fossas assépticas. Áreas urbanas de maior concentração populacional também sofrem maior carência dos serviços de saneamento. Essas condições são preocupantes, pois geram condições propícias para o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica com impacto na saúde pública, reduzindo a qualidade do ambiente para as espécies aquáticas que nele habitam (PAIVA *et al.*, 2004).

Além das redes de esgoto convencional, são utilizadas as redes de galerias de águas pluviais para recebimento de dejetos vindos das unidades habitacionais, através de ligações clandestinas na rede principal, levando esse material em direção aos rios e à baía (BELÉM, 2000).

Os esgotos sanitários constituem, deste modo, a maior fonte de contaminação hídrica. E a situação se agrava com a ampliação da malha urbana. A falta de implantação da rede de esgoto ou drenagem representa perigo iminente à qualidade da água, além do que o assoreamento provocado pela remoção da cobertura vegetal, aliada a alta pluviosidade, aumenta a turbidez da água (BELÉM, 2000).

Em virtude do processo de urbanização, foi observada nas últimas décadas constante alteração ambiental refletida no comprometimento dos recursos hídricos (MORAES & JORDÃO, 2002). Segundo estes autores, a falta de saneamento básico associado ao lançamento de lixo e esgoto doméstico, fato que pode ser relacionado com as precárias

condições sócio-econômicas e higiênico-sanitária das populações, acarretam sérios danos ao ambiente e prejudicam a qualidade da água.

Vários estudos mostram que a deterioração da qualidade da água de rios, lagos e estuários próximos às áreas urbanas, também está relacionada com as águas das chuvas que lavam a superfície carregando para os corpos d'água todos os tipos de poluentes (JENG *et al.*, 2004). As águas provenientes de esgotos têm efeito significativo na qualidade das águas dos ecossistemas hídricos (CHAMBERS *et al.*, 1997; RAIKE *et al.*, 2003).

A ameaça à saúde ocorre pelo consumo de água durante a recreação ou até mesmo através do contato primário (SHEHANE *et al.*, 2005). Os contaminantes, que são uma ameaça à saúde pública, incluem as toxinas, metabólitos tóxicos elaborados por alguns microrganismos como vírus, bactérias e protozoários que podem estar em alimentos como: peixes, moluscos, crustáceos e na própria água (SHEHANE *et al.*, 2005). Há uma concentração de microrganismos presentes na superfície, nas brânquias, nas vísceras e nos músculos dos peixes, que representa um meio de contaminação e risco à saúde humana e ambiental (EL-SHAFAI *et al.*, 2004).

A água usada para consumo humano, uso doméstico habitual, incluindo a higiene pessoal, não deve apresentar nenhum tipo de risco que possa causar irritação química, intoxicação ou infecção por microrganismos patogênicos. A água é importante veículo de dispersão de enfermidades nos países em desenvolvimento (GARCIA, 2002).

Vale ressaltar que a qualidade da água funciona como um meio de diagnóstico do estado de conservação ambiental, mediante sua análise é possível determinar o grau de erosão do solo, lançamentos orgânicos, poluição dos esgotos e a poluição atmosférica (GRAF, 2000).

Para a água que envolve contato direto com as superfícies do corpo, como o banho e a natação, o risco de contrair infecções com patógenos entéricos oriundos da contaminação

fecal é reduzido, caso não haja ingestão. Por isso, os padrões de qualidade da água são menos rigorosos do que os estabelecidos para a água potável (Brasil, 2004a). E devem se enquadrar de acordo com a Portaria Nº357/2005 do CONAMA nas seguintes categorias:

✚ EXCELENTE: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes termotolerantes por 100mL de água ou 1250 coliformes totais por 100mL de água.

✚ MUITO BOA: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes termotolerantes por 100mL de água ou 2500 coliformes totais por 100mL de água.

✚ SATISFATÓRIA: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 1000 coliformes termotolerantes por 100mL de água ou 5000 coliformes totais por 100mL de água.

✚ IMPRÓPRIA: Quando ocorrer, no trecho considerado, qualquer uma das seguintes circunstâncias:

1. Não enquadramento em nenhuma das categorias, por ter ultrapassado os índices bacteriológicos nela admitidos;
2. Ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica a critério das autoridades sanitárias;
3. Sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão;
4. Recebimento irregular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpo d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais mesmo que sejam de forma diluídas;

5. Presença de resíduos ou despejo, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer risco à saúde ou tornar desagradável a recreação;
6. pH menor que 5 ou maior que 8,5;
7. Presença, na água, de parasitas que afetam o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados;
8. Presença, nas águas doces, de moluscos transmissores de esquistossomose, caso em que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente este risco sanitário;
9. Outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação e de contato primário.

São consideradas impróprias para recreação quando o valor obtido na última amostragem for superior a 2000 NMP/100mL de *E. coli* ou 2500 NMP/100mL de coliformes termotolerantes em 100mL de água o que equivale a 80% ou mais das amostras (BRASIL 2004a).

Nos locais onde os lançamentos de efluente estão dentro das normas estabelecidas por lei é necessário fazer a avaliação regular da qualidade da água. Isso se deve a um processo natural denominado biomagnificação, que é a transmissão de compostos que não são metabolizados ou excretados pelos organismos para o nível superior da cadeia trófica. Em alguns casos esses compostos podem ser tóxicos se acumulados, como no caso de metais pesados e de pesticidas organoclorados. Portanto, mesmo estando dentro das normas legais de lançamentos, esses efluentes podem estar degradando as inter-relações biológicas, extinguindo espécies e gerando problemas de qualidade de vida para as populações que utilizam aquele recurso (BUSS *et al.*, 2003).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO

O aspecto mais importante da qualidade da água é que ela esteja livre de contaminação fecal (TRIPATHI *et al.*, 2005). Os dejetos fecais representam um grande risco à saúde por conter os patógenos entéricos humanos (SCOTT *et al.*, 2003).

Segundo Vinay *et al.* (2005), os microrganismos estão muito distribuídos na natureza e sua abundância e diversidade podem ser usados como indicador para inferir a situação da água. De acordo com este autor, o uso de bactérias como indicadores de qualidade de água seguem dois caminhos: o primeiro é que a presença destes microrganismos pode indicar contaminação fecal. Segundo, a presença de microrganismos indica potencial risco à saúde.

O grupo coliforme é bom indicador porque aparece em grande quantidade nas fezes humanas. Cada pessoa pode eliminar até 100 bilhões deles num único dia, com isso a possibilidade de serem encontrados na água é muito grande. Por serem exclusivos das fezes de animais homeotérmicos, uma vez identificada sua presença, pode-se afirmar que a água teve contato com excretas desses animais. São tão resistentes quanto os microrganismos patogênicos e sua identificação, do ponto de vista laboratorial, requer técnicas simples (JOHNSON & ROSENBERG, 1993).

Este grupo abrange espécies que integram a família das enterobactérias, incluídos os gêneros: *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Escherichia*, sendo este último típico da flora intestinal, mas podendo ser a maioria deles encontrada em outros locais, como solo e vegetais (BRASIL, 2004b).

A espécie *E. coli*, em particular, é caracterizada como bacilo Gram-negativo, não esporulado, anaeróbio-facultativo, produz ácidos a partir da fermentação da glicose e da lactose, reduz nitratos a nitritos e não produz citocromo oxidase, é móvel ou imóvel, ubíquos,

causa infecções intestinais e extra intestinais, é considerada a única de origem exclusivamente fecal (BRASIL, 2004c). Esta espécie apresenta alta resistência ao ambiente extra-enteral, não se multiplica no ambiente externo, é encontrada em maior quantidade que os outros microrganismos patogênicos, é um importante indicador da qualidade da água, principalmente, onde há descarga de esgoto (NEILL, 2004).

Além da *E. coli*, outros microrganismos são considerados indicadores de contaminação fecal. Dentre eles estão os estreptococos fecais, que incluem os gêneros *Enterococcus* e *Streptococcus*, típicos da flora fecal do homem e de animais de sangue quente. Eles indicam se a contaminação da água é recente (FRANCO & LANDGRAF, 2003).

2.2. VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICOS

A avaliação das variáveis físico-químicos é essencial para a determinação da qualidade da água (MARQUES, 1993; BRASIL, 2004b).

Entre as variáveis destacam-se o pH, a temperatura, o nitrito, o nitrato, a amônia, o fosfato e os sólidos totais dissolvidos.

O potencial de hidrogênio iônico da água resulta no grau de acidez de um recurso hídrico. A diminuição de uma unidade no pH (1,0) equivale ao aumento de 10 vezes na concentração de hidrogênio iônico no meio e resulta em mudanças muito grandes na vida dos organismos que o habitam. O pH entre 5 e 6 não é normalmente tóxico ao peixe, a menos que a concentração de CO₂ seja superior a 20 mg/l ou os teores de alumínio ou ferro sejam altos. As mudanças bruscas no pH são prejudiciais aos peixes, causando transtornos nas brânquias e na epiderme. Muitas espécies morrem quando o pH é inferior a 4 e um alto teor de CO₂ aumenta a toxidez das águas ácidas. As formas mais jovens são as mais vulneráveis ao pH baixo (PROENÇA & BITTENCORT, 1994).

Nos processos biológicos de tratamento de esgoto, o pH é um fator crítico para o desenvolvimento de microrganismos (LOPES & BEZZERRA, 2001). Nos ambientes onde há atividade antrópica o pH torna-se mais ácido, é o que mostram os estudos realizados por Lima (1996) nos municípios de Belém e Melgaço.

A temperatura é uma variável fundamental para a manutenção da vida aquática e controla todos os processos químicos ocorridos nos cursos d'água, interferindo diretamente na capacidade de autodepuração, fenômeno natural em que o curso hídrico retorna às suas características iniciais depois de cessado o lançamento de efluentes (MOTA, 1997).

O nitrito é um produto da oxidação da amônia e pode atingir concentrações elevadas quando ocorre poluição orgânica, o que favorece o desenvolvimento de bactérias nos ambientes aquáticos (PROENÇA & BITTENCORT, 1994). De acordo com estes autores, o

nitrito é tóxico para os peixes quando se combina com a hemoglobina e forma uma substância chamada de meta-hemoglobina. Esta combinação causa a morte do peixe por falta de oxigênios nos tecidos.

O nitrato é um composto formado a partir das atividades metabólicas devido a degradação da vegetação aquática. É encontrado na água em baixas concentrações e sua presença pode indicar poluição recente, pois esta substância é rapidamente oxidada (BRANCO, 2002).

Um fator que deve ser observado é o nitrogênio amoniacal, pois é um elemento importantíssimo para a vida, porém, escasso nas águas. Provém do ar por assimilação de algumas algas, de adubos e de matéria orgânica. Estudos das águas interiores revelam que a concentração de amônia refere-se, em geral, às concentrações de nitrogênio amoniacal nas formas NH_3 e NH_4 , sendo que, em índices elevados estes íons diminuem a quantidade de oxigênio dissolvido e indica a existência de matéria orgânica em decomposição (SARAIVA, 2003).

O fosfato no ambiente hídrico pode ser de origem natural, proveniente da dissolução de compostos do solo ou decomposição da matéria orgânica, e pode também ser da ação antrópica, verificada através de despejos domésticos, industriais, detergentes, excretas de animais ou fertilizantes. Quando os níveis de fosfato tornam-se elevados em lagos e represas pode ocorrer a eutrofização (LIMBERGER & CORRÊA, 2005).

Sólidos totais dissolvidos medem a quantidade de substâncias dissolvidas na água. Altas concentrações de sólidos totais dissolvidos limitam a adequabilidade de um recurso hídrico como fonte para o abastecimento público (COSTA *et al.*, 2004).

2.3. BIOMARCADORES

Os biomarcadores são respostas biológicas dos organismos aos efeitos tóxicos quando há exposição aos contaminantes ambientais (AU, 2004). São excelentes ferramentas para monitorar a saúde do ecossistema aquático e têm sido incluídos em vários programas modernos de monitoramento ambiental (WALKER, 1996).

Os peixes são considerados como excelentes biomarcadores porque respondem aos efeitos de contaminantes em vários níveis de organização biológica, que incluem as disfunções fisiológicas, as alterações estruturais em órgãos e tecidos, as modificações comportamentais que levam ao prejuízo do crescimento e da reprodução (WINKALER *et al.*, 2001).

A descarga de esgoto em rios altera a qualidade da água gerando uma contaminação por bactérias patogênicas e por substâncias orgânicas degradáveis por esses microrganismos. Esses efluentes são potenciais causas de deteriorização na saúde dos peixes, levando uma série de respostas ao estresse nos vários níveis de organização biológica (BERNET *et al.*, 2000).

A maior parte das bactérias são organismos que fazem parte da comunidade bacteriana normal da água, sendo encontrada na superfície dos peixes e nas brânquias (CAHILL, 1990). E tornam-se patogênicas somente em condições extremas que levam à diminuição do sistema imunitário desses animais. Outros microrganismos têm capacidade de iniciar infecção por si só, sendo por esse motivo chamados de agentes patogênicos primários (PAVANELLI *et al.*, 1998).

Todas as espécies de peixes são suscetíveis à infecção bacteriana, tornando fácil a propagação desses organismos, uma vez que estes ocorrem naturalmente no ambiente aquático. Com o lançamento de efluentes domésticos e industriais a concentração e os riscos aumentam dentro do corpo hídrico (COSTA, 2004).

A sintomatologia das bacterioses são variadas e muitas vezes os peixes apresentam sintomas comuns causados por diferentes bactérias, além de outros agentes etiológicos como fungos e parasitas. Em muitos casos estas doenças apresentam-se em estado septicêmico (infecção generalizada), com as bactérias presentes em vários órgãos (COSTA, 2003).

O fígado é o órgão de grande importância para os peixes, sendo responsável pelo anabolismo das proteínas, lipídios carboidratos e catabolismo do nitrogênio, glicogenólise, desintoxicação e função de vitelogênese. Sua estrutura e função podem ser alteradas por agentes do meio ambiente (MUNSHI & DUTTA, 1996).

O fígado também é considerado o principal órgão para muitos parâmetros biológicos e ambientais por sofrer alterações estrutural e metabólica devido a alimentação, aos poluentes, as toxinas, aos parasitas e aos microrganismos. Estas alterações podem ser refletidas por várias patologias como inflamação, atrofia, necrose, degeneração vacuolar, degeneração gordurosa, hepatite, cirrose, congestão e tumores que podem levar o animal à morte (HIBIYA, 1982).

3 OBJETIVO

A proposta do presente trabalho foi identificar e caracterizar os pontos de lançamentos de efluentes domésticos e industriais na baía do Guajará e rio Guamá e avaliar a qualidade da água e dos peixes da espécie *Brachyplatystoma rousseauxii*. Para isso os objetivos específicos foram:

- Identificar e caracterizar os pontos de lançamentos de efluentes domésticos e industriais;
- Determinar a concentração dos indicadores sanitários, bactérias do grupo coliformes (coliformes totais e termotolerantes);
- Verificar as possíveis alterações estruturais nos peixes decorrentes destas áreas.

4. METODOLOGIA

4.1 MAPEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

As margens da baía do Guajará e o rio Guamá (FIGURA 01) foram percorridas, por vias terrestres e aquáticas, seguindo um mapa-base. Essa primeira viagem teve como finalidade localizar as principais fontes de lançamentos de efluentes para o ambiente hídrico, localizando-as com o uso de GPS (Sistema Global de Posicionamento). Em cada ponto identificado como local de lançamento foi anotado o tipo de atividade desenvolvida e inferidos os prováveis contaminantes lançados na água. Estas áreas foram visitadas em quatro ocasiões: período intermediário chuvoso (mês de dezembro/2004); período chuvoso (mês de março/2005); período intermediário seco (mês de junho/2005); período seco (mês de setembro/2005), ao longo de um ano, sendo coletadas amostras de água e realizadas pescarias experimentais.

4.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM

Foram selecionados 7 pontos para amostragem, sendo 4 localizados na baía do Guajará e 3 localizados no rio Guamá. O primeiro ponto localiza-se à margem esquerda do rio Guamá oposta à cidade de Belém, nas proximidades do linhão de transmissão da Eletronorte e não sofre influência direta de efluentes domésticos e industriais (figura 02). O segundo ponto localiza-se na ilha da Barra, (figura 03), em frente à cidade de Belém, onde não foi verificado nenhum tipo de povoamento, um local afastado dos lançamentos de efluentes domésticos e industriais.



Figura 02. Ponto Linhão da Eletronorte Belém-Pará. **Figura 03.** Ilha da Barra Belém-Pará.

O terceiro ponto, o igarapé do Tucunduba, está localizado no sul da cidade sob influência do rio Guamá (figura 04 e 05) integrando o bairro do Guamá, é uma área que sofre influência principalmente de esgoto domésticos.



Figura 04. Vista do Igarapé do Tucunduba.



Figura 05. Igarapé do Tucunduba, Belém-Pará.

O quarto ponto, o porto do Arapari (figura 06), localizado no bairro da Cidade Velha, compõe uma área do centro histórico. A ocupação dessa área produziu uma complexa convivência entre trapiches, mercado e assentamentos irregulares.



Figura 06. Porto do Arapari, Belém-Pará.



Figura 07. Vista do porto da Palha, Belém-Pará.

O quinto ponto, o porto da Palha (figura 07), encontra-se localizado nas margens do rio Guamá onde se observa atividades comerciais e industriais. Atividades comerciais em especial a comercialização de madeiras e o transporte de cargas e de passageiros. Nas indústrias o beneficiamento da castanha e da madeira.

No sexto ponto, localizado no Ver-o-Peso (figura 08), há um predomínio das atividades comerciais, com produção de resíduos sólidos, tais como papéis e plásticos e de matéria orgânica gerada em decorrência do funcionamento da feira do Ver-o-Peso.



Figura 08. Complexo Ver-o-Peso, Belém-Pará.



Figura 09. Igarapé do Una, Belém-Pará.

O sétimo ponto, o igarapé do Una (figura 09), está localizado entre o distrito das Armas e do Reduto, no limite da zona industrial, possui uma área de aproximadamente 5 km de extensão, corresponde a uma grande bacia hidrográfica, com terras baixas que sofrem inundações periódicas.

4.3 COLETA DE ÁGUA SUPERFICIAL

Foram coletadas 28 amostras de água superficial durante os períodos intermediário chuvoso, chuvoso, intermediário seco e seco. As amostras foram coletadas em frascos de polipropileno devidamente identificados, estéreis, de boca larga, com capacidade volumétrica para 100mL, nos primeiros 30 cm de profundidade, direcionava-se a boca do frasco em sentido contrário a corrente. Os frascos foram preenchidos até 2/3 de sua capacidade volumétrica total, para facilitar a agitação posterior da amostra. Em seguida, os frascos foram vedados, identificados e transportados sob refrigeração em caixas isotérmicas para o exame laboratorial no laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Pará, não excedendo o prazo máximo de 8 horas. Todos os procedimentos de coleta, conservação e transporte das amostras de água superficial seguiram as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th (APHA, 1998).

4.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa de indicadores biológicos de impacto ambiental foi realizada a partir da determinação da concentração de bactérias do grupo coliformes na água da baía do Guajará e do rio Guamá através da técnica do Número Mais Provável (Tubos Múltiplos), de acordo com a descrição da 20^a edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

4.4.1 Teste Presuntivo para Coliformes

A amostra de água superficial foi inoculada em cinco séries de tubos de ensaio contendo 10mL de Caldo Lactosado (de concentração simples) e tubos invertidos de Durham. Em cada série de tubos foram inoculados volumes de 1mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4} , da amostra de água coletada. Os tubos inoculados foram incubados a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após esse período foi realizada a leitura dos tubos, selecionando aqueles que apresentaram turvação e produção de gás no tubo de Durham; os tubos que não apresentaram essas características permaneceram incubados até completar o período de 48 horas. No final, os tubos que apresentaram gás e turvação durante este período foram considerados positivos, e a ausência de formação de gás como teste negativo.

4.4.2 Teste Confirmativo para Coliformes Totais

Todos os tubos positivos no exame presuntivo foram submetidos ao teste confirmativo, transferindo-se uma alíquota da cultura positiva em Caldo Lactosado, com auxílio de alça de inoculação, para os tubos contendo 10mL de Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante Bile a 2% (CLBVB 2%) e tubos de Durham invertidos. A incubação foi realizada a

$35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 24-48 horas. Ao final da incubação aqueles com turvação e produção de gás no tubo de Durham foram considerados positivos para coliformes totais.

4.4.3 Teste Confirmativo para Coliformes Termotolerantes

De cada tubo positivo em Caldo Lactosado foi transferida uma alíquota, com auxílio de alça de inoculação, para tubos contendo Caldo *Escherichia coli* (CEC) e tubos de Durham invertidos, seguindo de incubação a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em banho-maria por 24 horas. Os tubos considerados positivos apresentaram turvação e produção de gás nos tubos de Durham. Ao final da incubação aqueles com turvação e produção de gás no tubo de Durham foram considerados positivos para coliformes termotolerantes.

A partir da contagem dos números de tubos positivos e negativos foi determinado, na tabela do Número Mais Provável a concentração de coliformes totais e termotolerantes em 100mL da amostra de água analisada.

4.4.4 Exame Completo

Alíquotas dos tubos positivos em CLVBB 2% foram transferidas, com auxílio de alça de inoculação, para placas de Petri contendo meio Ágar Mac Conkey, com objetivo de proporcionar o crescimento de colônias fermentadoras de lactose. Em seguida, as placas foram incubadas a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após a incubação as colônias de cor tonalidade rosa foram semeadas em tubos de Ágar Açúcar Triplo Ferro (TSI) e Ágar Nutriente, seguindo de incubação $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente, os tubos com o meio de TSI que apresentaram reações compatíveis para *E. coli* (Ac/Ac_g) foram selecionados para as provas de identificação bioquímica (IMViC) (APHA, 1998).

4.4.5 Análise de Bioindicadores

Um total de 36 peixes da espécie *Brachyplatystoma rousseauxii*, (figura 10), foram capturados com redes de emalhar com tamanhos diferentes de malha (250mm, 40mm e 50mm) visando a captura mais abrangente da espécie nos pontos de coleta localizados no igarapé do Una, Arapari, igarapé do Tucunduba, Ver-o-Peso e nas proximidades do Linhão de Transmissão da Eletronorte. O tamanho da rede foi de 550m. Durante a coleta as redes eram postas na água, permanecendo por um período de 1h 30min, ficando a deriva. Após serem despescados, os exemplares eram acondicionados em sacos plásticos, refrigerados adequadamente em caixas isotérmicas até a chegada ao laboratório.



Figura 10: Exemplares de *Brachyplatystoma rousseauxii*.

4.4.6 Análise Histológica

Os fragmentos de fígado foram fixados em solução de Bouin durante 24 horas, após a fixação foi desidratado em quantidades crescentes de álcool (a partir de 70% até o álcool absoluto), diafanizado em xilol e incluído em parafina. Foram feitos cortes de 5µm de espessura. Os cortes obtidos foram desparafinados em xilol, hidratados em concentrações decrescentes de álcool, corados em Hematoxilina e Eosina e fotografados em microscópio Olympus CH30.

4.5 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICOS

Para medir o pH, nos locais de coleta, foi utilizado o aparelho Orion modelo 210. A temperatura foi obtida através de um termômetro de mercúrio. Para determinar a concentração dos sólidos totais dissolvidos utilizou-se aparelho do tipo Orion modelo 115.

O fosfato foi obtido através do método ácido ascórbico adaptado de Standard Methods utilizando aparelho tipo HACH DR-2010. Para a obtenção do nitrito foi utilizado aparelho HACH DR-2010. O nitrato obteve-se através do método de redução do cádmio utilizando aparelho HACH DR-2010. A amônia foi obtida pelo método Nessler adaptado de Standard Methods pelo aparelho HACH DR-2010.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para análise estatística dos dados microbiológicos foi utilizado o programa BioEstat, versão 3.0, através do teste do χ^2 (Qui-quadrado de proporções esperadas iguais), com nível de significância de 0,05% e para as variáveis químicas o Teste de Mann-Whitney com nível de significância de 0,05% (AYRES, *et al*, 2003).

5. RESULTADOS

Durante o estudo foram isolados cepas de *Escherichia coli*, de *Klebsiella sp*, de *Citrobacter sp* e de Bacilos Gram Negativos não Fermentadores de Lactose, todos membros da família das Enterobacteriaceae. A espécie *Escherichia coli* foi encontrada na maioria das amostras de água (FIGURA 11).

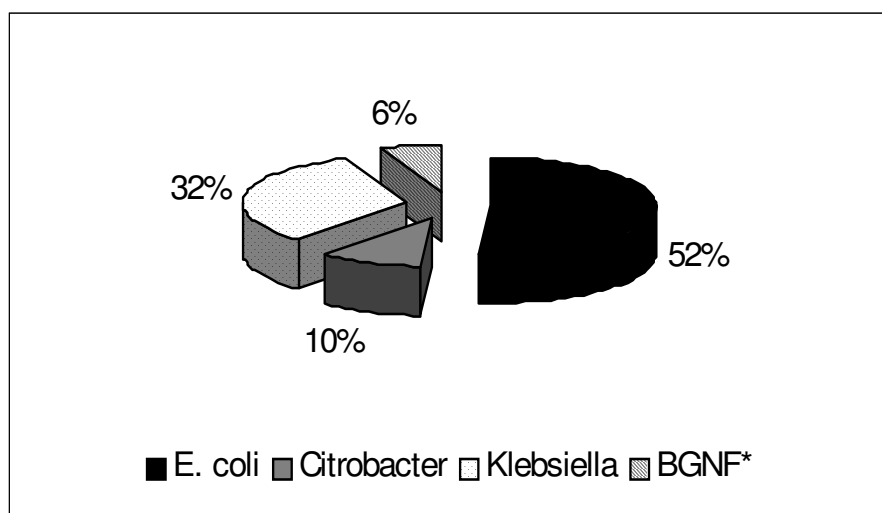


Figura 11. A diversidade bacteriana encontrada na baía do Guajará e no rio Guamá.

* Bacilos Gram negativos não fermentadores de lactose

A tabela abaixo mostra a concentração de coliformes nos sete pontos de coleta com os valores de média geométrica, mínimo, máximo e mediana do Número Mais Provável (NMP/100mL) (TABELA 01).

Tabela 1. Média geométrica, Mínimo e Máximo do Número Mais Provável de coliformes.

Pontos	Media Geométrica		Mínimo		Máximo		Mediana	
	C. T	C. TT	C. T	C. TT	C. T	C. TT	C. T	C. TT
Linhão	$4,1 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4$	$4,5 \times 10^3$	$2,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$1,6 \times 10^5$	$7,0 \times 10^4$	$7,0 \times 10^4$
I. Barra	$1,1 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	<1	<1	$7,0 \times 10^4$	$7,0 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$
P. Palha	$3,9 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$	$7,2 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
Tucunduba	$2,1 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,7 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$2,0 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$2,1 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$
Ver-o-Peso	$2,1 \times 10^4$	$9,4 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$2,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
Arapari	$2,4 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	$2,3 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	$1,6 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$5,1 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$
Una	$2,7 \times 10^4$	$2,7 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$2,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$

C. T = Coliformes Totais

C. TT = Coliformes Termotolerantes

No período intermediário chuvoso, nas proximidades do Linhão de transmissão da Eletronorte foi verificada a maior concentração de coliformes totais. No entanto, nos demais períodos não foram observadas grandes variações. A concentração de coliformes termotolerantes obedeceu ao mesmo padrão de coliformes totais sendo maior no período intermediário chuvoso e não variando muito nos demais períodos.

De acordo com os teste do χ^2 os resultados encontrados foram significantes ($p = 0,0001$), logo os níveis de coliformes não se encontram dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA N°357/2005 (FIGURA 12).

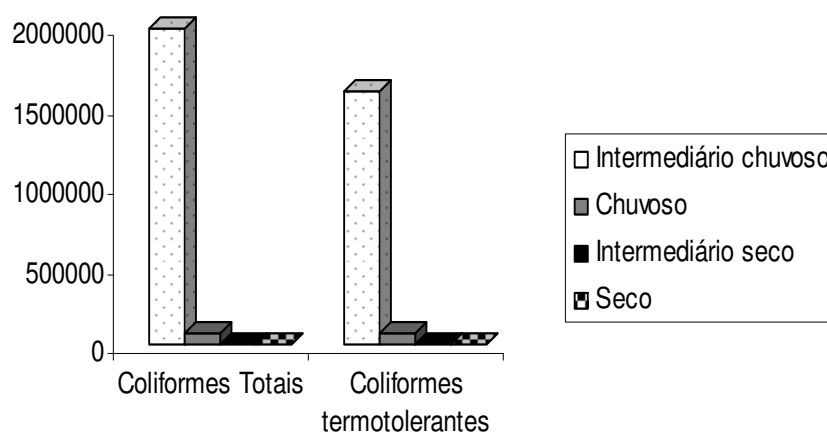


Figura 12. Concentração de coliformes nas proximidades do Linhão de Transmissão da Eletronorte em diferentes períodos.

A ilha da Barra (baía do Guajará) foi o local que não apresentou variação elevada de coliformes totais e termotolerantes durante o período de estudo. De acordo com teste do χ^2 os níveis de coliformes estavam dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA de $2,0 \times 10^4$ NMP/100ml de água durante o período intermediário seco e seco (FIGURA 13).

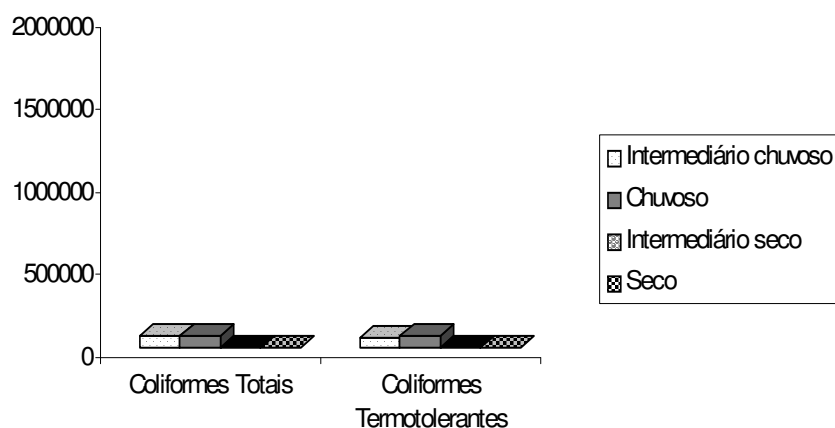


Figura 13. Concentração de coliformes na ilha da Barra em diferentes períodos.

No Ver-o-Peso durante os períodos intermediário chuvoso e chuvoso foi observada a maior concentração de coliformes totais e termotolerantes. De acordo com o teste do χ^2 com nível de significância de 0,05% apenas no período seco os níveis de coliformes totais estavam dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA N°357/2005 (FIGURA 14).

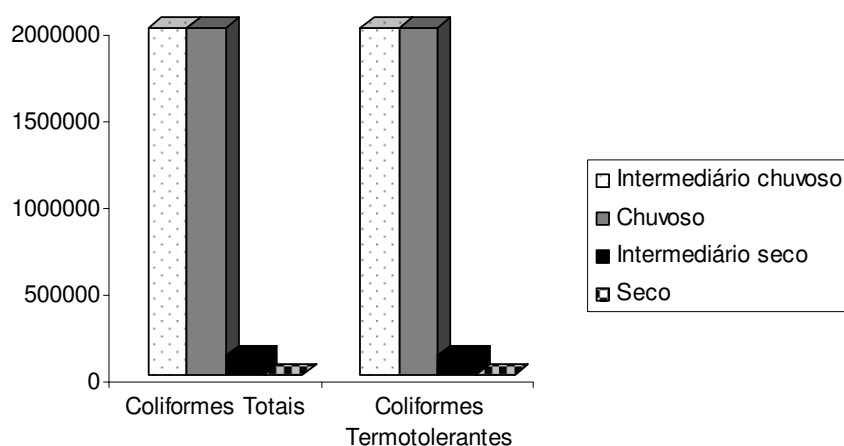


Figura 14. Concentração de coliformes no Ver-o-Peso em diferentes períodos.

No igarapé do Tucunduba durante o período intermediário chuvoso e chuvoso foi verificada a maior concentração de coliformes totais e termotolerantes. O teste do χ^2 foi significativo para este local de coleta, apresentando valores fora dos padrões permitidos pelo CONAMA N°357/2005 (FIGURA 15).

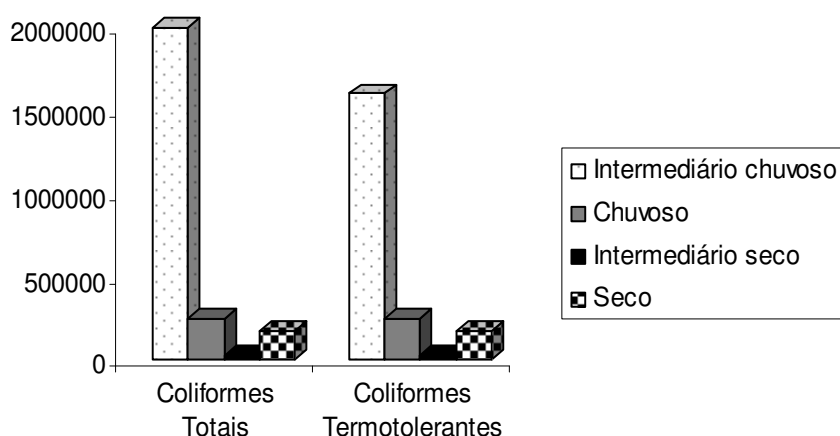


Figura 15. Concentração de coliformes no igarapé do Tucunduba em diferentes períodos.

No igarapé do Una foi possível observar que as concentrações de coliformes totais e termotolerantes foram mais elevadas nos períodos intermediário chuvoso e chuvoso, a menor concentração para as duas variáveis foi obtida no período seco. De acordo com os resultados do teste do χ^2 ($p = 0,0001$) os níveis de coliformes estão acima do permitido pelo CONAMA N°357/2005 (FIGURA 16).

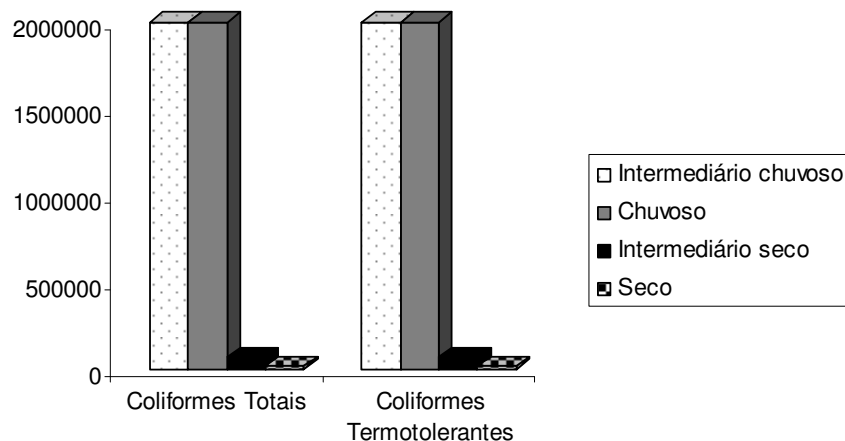


Figura 16. Concentração de coliformes no igarapé do Una em diferentes períodos.

No porto do Arapari foi observado que a concentração de coliformes totais e termotolerantes foi maior no período chuvoso. Enquanto a menor concentração de coliformes totais foi encontrada no período seco. A menor concentração de coliformes termotolerantes foi observada no período intermediário seco. O teste do χ^2 foi significativo ($p = 0,0001$) apresentando valores fora dos padrões permitidos pelo CONAMA N°357/2005 em todos os períodos de coleta (FIGURA 17).

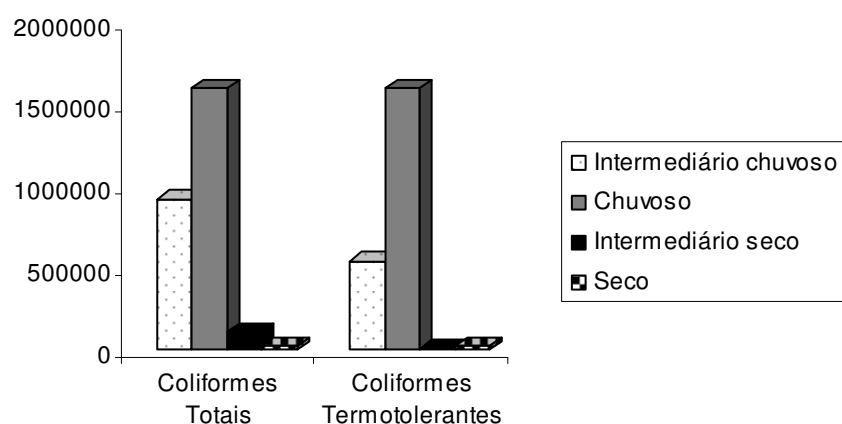


Figura 17. Concentração de coliformes no porto do Arapari em diferentes períodos.

No porto da Palha a concentração de coliformes totais e termotolerantes foi maior nos períodos intermediário chuvoso e chuvoso e menor no período intermediário seco. Para os coliformes termotolerantes a concentração menor foi observada no período seco. O teste do χ^2 foi significativo para os níveis de coliformes, apresentando valores fora dos padrões permitidos pelo CONAMA N°357/2005 em todos os períodos de coleta (FIGURA 18).

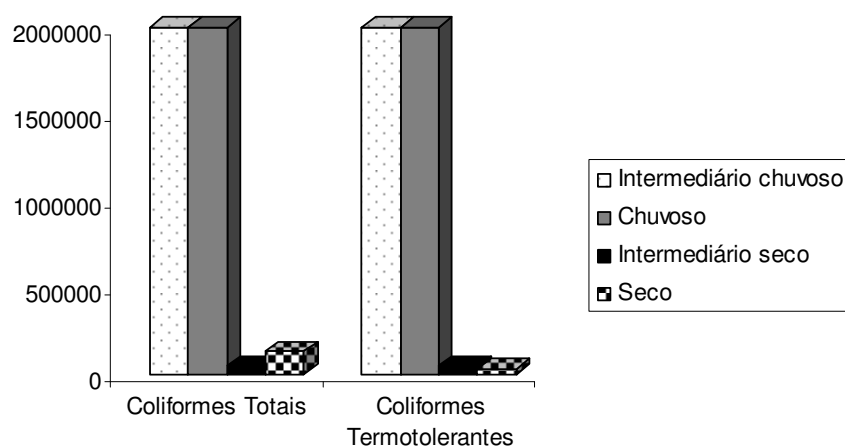


Figura 18. Concentração de coliformes no porto da Palha em diferentes períodos.

Com relação aos dados abióticos, durante o período chuvoso, foi verificada a maior concentração de nitrato no porto da Palha, no Arapari, no Ver-o-Peso, e no Linhão da Eletronorte. Percebem-se pequenas oscilações nas demais estações. A mínima concentração foi verificada na ilha da Barra durante o período intermediário chuvoso e no Linhão de Transmissão da Eletronorte durante os períodos intermediário seco e seco. De acordo com o teste de Mann-Whitney ($p = 0,0017$) os valores de nitrato durante os períodos de coleta encontram-se dentro dos padrões de normalidade (FIGURA 19).

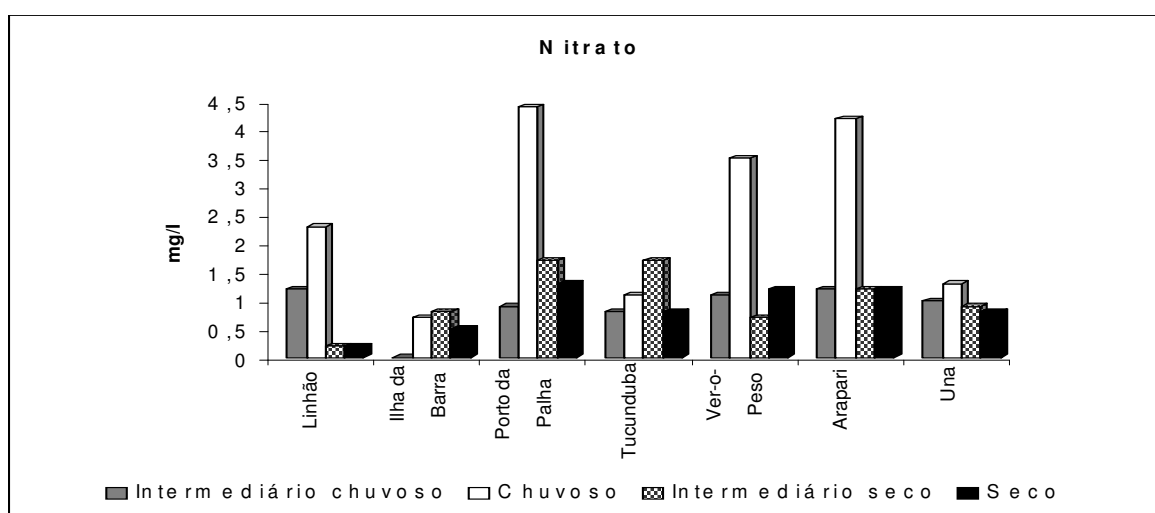


Figura 19. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrato na baía do Guajará e no rio Guamá durante o estudo.

O período intermediário chuvoso apresentou a menor concentração de nitrito durante o estudo em todos os locais de coleta, sendo a menor concentração encontrada no igarapé do Tucunduba. Os valores para o teste de Mann-Whitney deram significativos ($p = 0,0017$) os valores de nitrito durante todos os períodos de coleta encontrando-se dentro dos padrões de normalidade estabelecidos pelo CONAMA N°357/2005, ou seja, abaixo de 1mg/l (FIGURA 20).

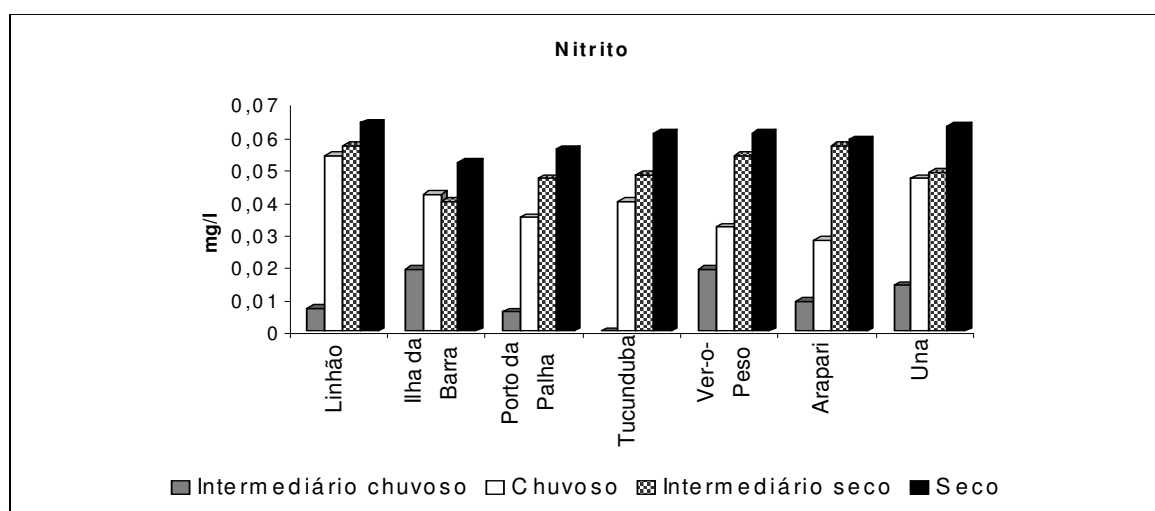


Figura 20. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrito na baía do Guajará e no rio Guamá.

A maior concentração de fosfato observada nas proximidades do Linhão de transmissão da Eletronorte (período intermediário chuvoso e chuvoso) e no igarapé do Tucunduba (período chuvoso) e no Ver-o-Peso (período chuvoso). Nos demais pontos, verificaram-se pequenas variações nas diferentes épocas de amostragem. De acordo com o teste de Mann-Whitney ($p = 0,0017$) os valores de fosfato durante todas as estações de coleta encontram-se dentro dos padrões de normalidade (FIGURA 21).

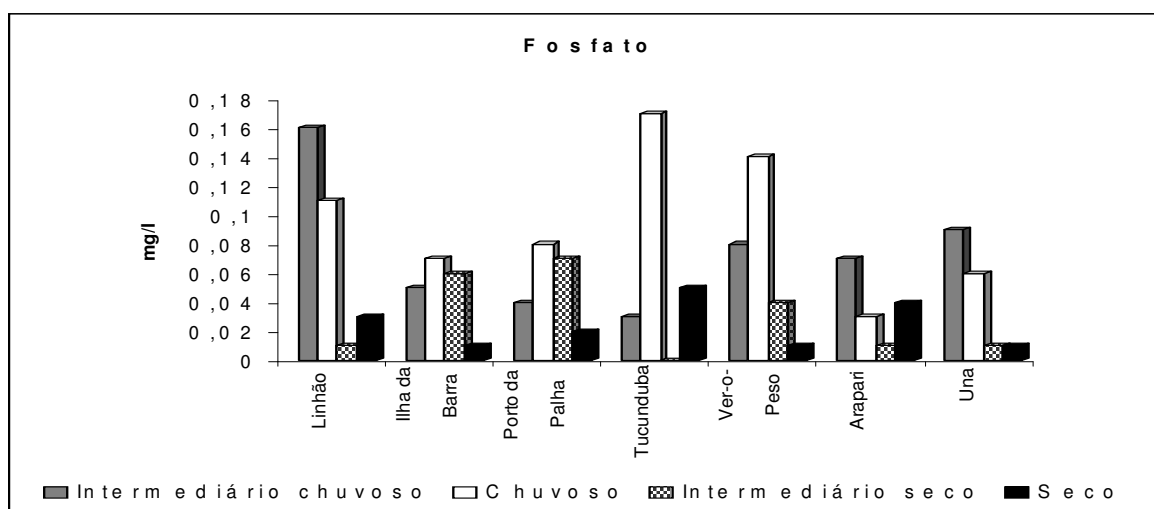


Figura 21. Variação espacial e temporal das concentrações de fosfato na baía do Guajará e no rio Guamá.

A concentração de amônia variou durante as estações e também nos locais de coleta. Nos pontos de coleta localizados no porto da Palha, no Ver-o-Peso, no Arapari e no igarapé do Una foram obtidas elevadas concentrações nos períodos intermediário chuvoso e chuvoso. A menor concentração foi encontrada nas proximidades do Linhão de transmissão da Eletronorte, no período seco. Os valores para o teste de Mann-Whitney deram significativos ($p = 0,0017$) os valores de amônia durante todos os períodos de coleta encontrando-se dentro dos padrões de normalidade (FIGURA 22).

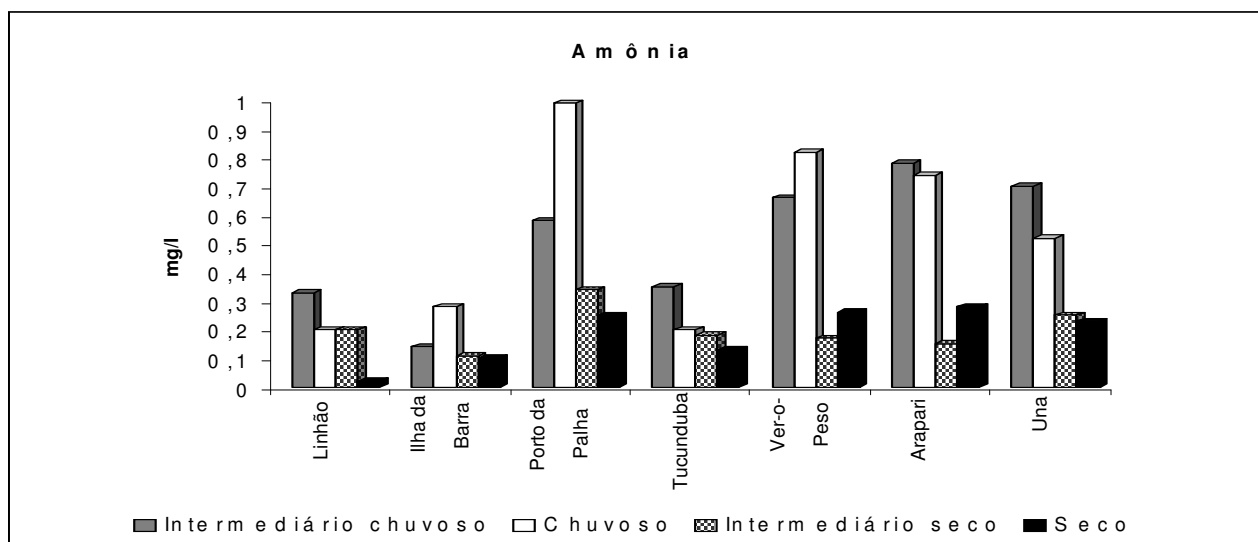


Figura 22. Variação espacial e temporal das concentrações de amônia na baía do Guajará e no rio Guamá

A concentração mais elevada de sólidos totais dissolvidos foi verificada no período intermediário chuvoso em todos os pontos de coleta, exceto no igarapé do Una. De acordo com o teste de Mann-Whitney ($p = 0,0017$) os valores de sólidos totais dissolvidos encontraram-se dentro dos padrões de normalidade, abaixo de 500mg/l estabelecidos pelo CONAMA N°357/2005 (FIGURA 23).

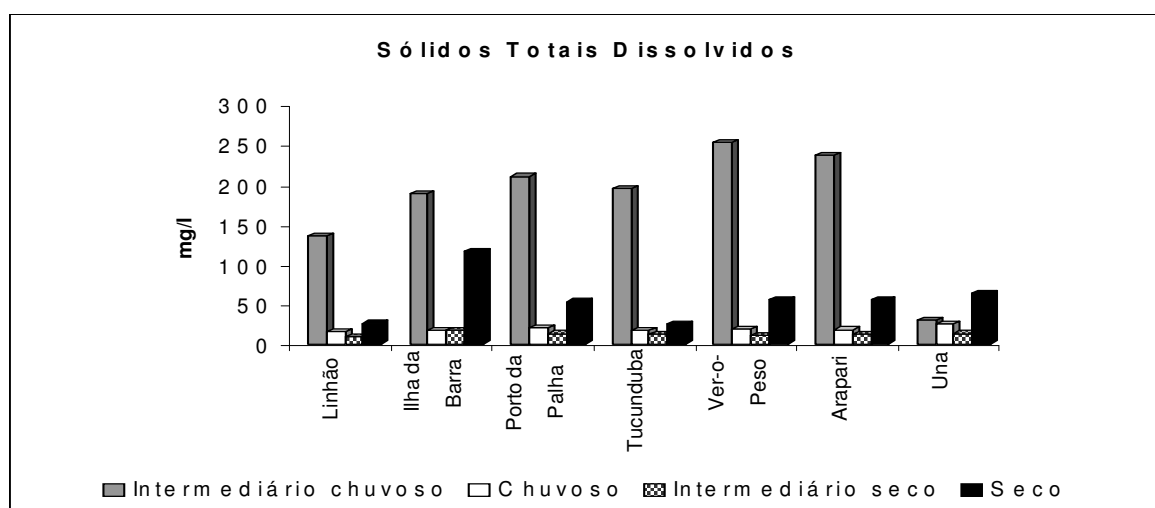


Figura 23. Variação espacial e temporal das concentrações de sólidos totais dissolvidos na baía do Guajará e no rio Guamá.

As maiores temperaturas foram registradas durante o período chuvoso na ilha da Barra e Ver-o-Peso. A menor temperatura foi encontrada no Arapari durante o período seco. Nos demais pontos de coleta houve pequenas variações temporais. Em relação ao pH os valores obtidos não apresentaram variações entre os períodos de amostragem, sendo verificados valores entre 5.19 e 6.39. (TABELA 02).

Tabela 2: temperatura e pH variação espaço temporal.

Pontos de coleta	Intermediário chuvoso		Chuvoso		Intermediário seco		Seco	
	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH
Linhão	31	5.78	31	5.19	31	5.36	32	5.7
Ilha da Barra	31	5.92	33	5.44	32	5.95	31	6.11
Porto da Palha	31	5.93	32	5.41	32	5.6	32	5.8
Tucunduba	31	6.00	32	5.31	32	5.2	32	5.7
Ver-o-Peso	31	5.93	33	5.4	32	5.67	31	6.3
Arapari	32	5.96	32	5.29	32	5.64	30.5	6.38
Una	31	5.93	32	5.78	32	5.42	31	6.39

Durante as pescarias experimentais foram capturados 36 exemplares, sendo 24 exemplares com alterações hepáticas e 12 sem alterações hepáticas. O igarapé do Una foi o local que teve maior número de indivíduos com fígado alterado (TABELA 03).

Tabela 3: O número de peixes com alterações hepáticas e sem alterações hepáticas nos pontos de coleta.

Pontos	Peixes com alterações hepáticas	Peixes sem alterações hepáticas
Linhão	6	9
Tucunduba	6	1
Ver-o-Peso	1	0
Arapari	0	0
Una	11	2
TOTAL	24	12

6. DISCUSSÃO

A *Escherichia coli* é o mais importante indicador sanitário de contaminação fecal em corpos aquáticos, está presente em grande quantidade no intestino humano e de animais de sangue quente. A presença dessa bactéria na água evidencia poluição fecal recente e a possível existência de patógenos (COSTA *et al.*, 2004). No presente estudo foi confirmada *E. coli* em 52% dos isolados bacterianos caracterizados através de provas bioquímicas. Resultados semelhantes foram observados no igarapé do Paracuri e Combu (RIBEIRO, 2002), e do Tucunduba (O'BRIEN, 2002; ALVES & ARAÚJO, 2004).

Os valores elevados desses indicadores sanitários em alguns pontos de amostragem no rio Guamá e na baía do Guajará devem-se ao fato de se tratar de pontos localizados em área urbana de Belém que sofrem intensa ação antrópica devido ao lançamento de esgoto doméstico, gerando contaminação por matéria orgânica de origem fecal.

Durante o estudo observou-se que os meses de dezembro (período intermediário chuvoso) e março (período chuvoso) foram os que apresentaram altos índices de coliformes na água, com valores máximos de $2,0 \times 10^6$ NMP/100mL para coliformes totais e termotolerantes nos pontos do Linhão da Eletronorte, do igarapé do Tucunduba, do igarapé do Una, do Arapari, do porto da Palha e do Ver-o-Peso. No entanto, Lutterbach *et al* (2001), ao fazer o monitoramento de bactérias heterotróficas e coliformes termotolerantes durante quatro anos na lagoa Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro, encontrou durante os meses de fevereiro de 1995, março e setembro de 1997 índices altos e baixos de coliformes termotolerantes. Os registros destas oscilações podem ocorrer pelo fato de se tratar de um ambiente lântico, diferente da baía do Guajará e do rio Guamá, que são ambientes lóticos com fluxo de marés mais intensos e maior volume de água.

Nas proximidades do Linhão de transmissão da Eletronorte foi possível observar uma alta concentração de coliformes totais e termotolerantes durante o período intermediário chuvoso, fato que pode ser explicado porque a área de estudo está próxima a locais de lançamento de efluente. Jeng *et al.* (2004) analisaram rios que sofrem influência de efluentes na Louisiana, Estados Unidos, e verificaram as maiores concentrações de coliformes termotolerantes durante o período chuvoso. Esses resultados são semelhantes aos encontrados neste trabalho e podem ser devidos ao aumento da lixiviação do solo nesta época.

Nos pontos de coleta do porto da Palha, do Arapari, do Ver-o-Peso e do igarapé do Una, observou-se que os valores de coliformes totais e termotolerantes estavam mais elevados nos meses de dezembro e março. Estes dados sugerem que nos períodos de altos índices pluviométricos, as chuvas carregam os dejetos e outros resíduos sólidos da superfície do solo para as águas superficiais. O mesmo foi comprovado por Campagna (2005) em estudos realizados no rio Monjolinho, em São Paulo. Para este autor as altas concentrações de coliformes em águas superficiais durante o inverno são devidas às águas de drenagem e à lixiviação das áreas urbanizadas, escoando para os cursos d'água mais próximos todo o tipo de poluição orgânica.

Os resultados encontrados por Ribeiro (2004) no igarapé do Combu são similares aos deste estudo, com uma predominância de coliformes totais e termotolerantes na estação chuvosa. Porém, valores mais baixos foram obtidos por Araújo & Alves (2004) em período seco no mesmo local.

De acordo com Berredo (2000), a precariedade da rede de esgoto em Belém contribui para o agravamento dos problemas ambientais e de saúde pública, pois uma parcela considerável da população de Belém não se beneficia de esgoto sanitário. O destino da rede de esgoto é feito através de um emissário final, que faz o lançamento dos dejetos sem tratamento na baía do Guajará, o que agrava ainda mais a contaminação da baía do Guajará e do rio Guamá.

O ponto de coleta do Ver-o-Peso apresentou alta concentração de resíduos sólidos, devido ao funcionamento da feira do Ver-o-Peso e da feira do Açai. Nestes locais é comum observar na água restos de alimentos como frutas e peixes mortos, além de outros resíduos como sacolas plásticas e dejetos dos banheiros das embarcações despejados na água sem nenhum tratamento.

No Arapari há uma predominância de terminais hidroviários e atividades comerciais, principalmente bares e casas noturnas. Nos períodos de coleta de água foi observado um fluxo intenso de embarcações, que frequentemente despejavam resíduos sólidos e líquidos procedentes dos banheiros e do lixo na baía, contribuindo com a degradação do ambiente e com as elevadas concentrações de coliformes encontradas nesse local. Em estudos realizados pela Secretaria de Planejamento do Estado do Pará, as indústrias de pescados, alimentos e refrigerantes lançam nas águas da baía do Guajará seus efluentes e resíduos com presença de matéria orgânica, contribuindo para os altos índices de poluição hídrica no local (BELÉM, 2000).

O porto da Palha é considerado uma área preocupante, devido ao seu alto grau de degradação ambiental decorrente das atividades poluidoras e do aterramento progressivo da orla, realizado pela ocupação ao longo dos anos (BELÉM, 2000).

No igarapé do Tucunduba as altas concentrações de coliformes totais e termotolerantes encontradas nos meses de dezembro e setembro, devem-se ao fato desta bacia hidrográfica corresponder a uma área densamente povoada com uma população estimada em 150 mil pessoas (BELÉM, 2000). Os valores de coliformes totais e termotolerantes bem acima do padrão encontrados no igarapé do Tucunduba devem-se principalmente ao lançamento de esgotos domésticos e grande quantidade de matéria orgânica escoando para o rio Guamá. Resultados confirmados por Alves & Araújo (2004) que encontraram uma elevada concentração de coliformes no igarapé do Tucunduba em período seco da região.

Com relação ao igarapé do Una, a alta concentração do grupo coliforme pode ser resultado da ocupação desordenada, que acarretou o comprometimento desse curso d'água. A contaminação por falta de saneamento básico é o fator mais agravante do local, pois esta área é ocupada por bairros pobres e com alta densidade populacional que produz grande quantidade de esgoto sendo despejado na baía do Guajará (BELÉM, 2000).

Nos últimos anos tem sido verificado um nível crescente de poluição em balneários situados em ilhas próximas da cidade de Belém. Supõe-se que a origem desta poluição é da própria cidade, devido à precariedade de sua rede de saneamento básico (SENA & MESQUITA, 2004).

Na ilha da Barra constatou-se que a concentração de coliformes totais e termotolerantes não foi elevada durante o estudo. Esses dados reforçam que a cidade de Belém está interferindo na qualidade da água da baía do Guajará e do rio Guamá, visto que a ilha da Barra se localiza distante da área urbana. Deste modo, melhorias nos sistemas de tratamento de esgoto devem ser adotadas para impedir o aumento de coliformes no ambiente aquático desta área.

Na Resolução de N°357/2005 do CONAMA destaca-se que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, com a garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e com a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água. Desse modo, os resultados da concentração de coliformes na água procedente de diferentes pontos de coleta do rio Guamá e da baía do Guajará no período amostrado enquadram estes cursos d'água na Classe de Água 3, tornando-se necessária a implantação de medidas mais eficazes para o controle e preservação do ambiente hídrico de Belém.

O pH é influenciado pela quantidade de matéria orgânica disponível, pois a matéria ao se decompor forma ácidos orgânicos (COSTA, 2004). No presente estudo, os valores de pH obtidos

encontram-se próximos da faixa estipulada pela resolução CONAMA N° 357/2005 para as classes de água 3, que é de 6 a 9. Na maioria dos pontos, o pH estava na faixa de 5,0 a 5,9. Campagna (2005) analisando água da bacia do rio Monjolinho no estado de São Paulo encontrou resultados de pH que variaram entre 5,65 a 7,47, resultados próximos ao do presente estudo, visto que tanto o rio Monjolinho quanto a baía do Guajará e o rio Guamá são áreas que sofrem influência de efluentes urbanos.

De acordo com Yilmaz & Övez (2004) as condições de acidez são favoráveis ao desenvolvimento da *Escherichia Coli* tanto em ambientes marinhos quanto em ambientes limnéticos. O que pode ser um fator crucial para o grande número de isolados desta espécie encontrados durante este estudo.

As elevações na temperatura aumentam a taxa de reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases, elevam a taxa de transferências dos gases podendo gerar mau cheiro (COSTA, 2004). No presente estudo não houve variação da temperatura nos diferentes períodos. Lopes & Bezerra (2001) ao analisarem água do igarapé do Tucunduba e Ribeiro (2004) ao analisar o igarapé do Paracuri e Combu encontraram resultados na mesma faixa do presente estudo.

Ahmed (2003) ao estudar a concentração de coliformes na água no sedimento e em híbridos de Tilápia, na Arábia Saudita, verificou que a temperatura influenciava na concentração de coliformes, no verão a concentração destes microrganismos foi maior. Esses resultados diferem do encontrado neste trabalho, o que pode ser explicado pelo fato da região Norte estar localizada em uma região equatorial não apresentando, portanto, estações climáticas bem definidas.

As formas nitrogenadas são importantes na caracterização de um ambiente aquático, principalmente se ele sofre influências antrópicas ou eutrofização natural (CAMPAGNA, 2005).

Entre as formas nitrogenadas (nitrito, nitrato e amônia), o íon nitrito é o elemento mais relevante para se avaliar um corpo d'água, já que em um corpo hídrico suas concentrações são geralmente reduzidas. Desta forma, valores muito elevados sugerem áreas intensamente poluídas (ESTEVEZ, 1988).

No presente estudo verificou-se a maior concentração de nitrito principalmente nos períodos chuvoso, intermediário seco e seco. As elevadas concentrações de nitrito principalmente durante o período chuvoso podem estar relacionadas com a alta contaminação de coliformes totais e termotolerantes $2,0 \times 10^6$ NMP/100ml no Ver-o-Peso, no igarapé do Una, no Arapari e no porto da Palha.

Os pontos de coleta onde foram obtidos os maiores valores de nitrato foram os pontos localizados nas proximidades do Linhão de Transmissão da Eletronorte, no porto da Palha, no Ver-o-Peso e no Arapari durante o período chuvoso, também coincidindo com o pico de coliformes totais e termotolerantes nestes locais. A menor concentração do nitrato foi obtida na ilha da Barra durante o período intermediário chuvoso. Segundo Barreto (1999), as variações dos compostos nitrogenados, como o nitrato, estão relacionadas com a presença de bactérias oriundas de atividades humanas. O fato da ilha da Barra não apresentar povoamento pode explicar os baixos níveis de coliformes e de nitrato.

Em relação à amônia, os pontos que apresentaram maior concentração desta forma nitrogenada foram porto da Palha, Ver-o-Peso, Arapari e igarapé do Una durante o período intermediário chuvoso e chuvoso, onde ocorreram altas concentrações de coliformes totais e termotolerantes. Tais resultados são atribuídos à elevada pluviosidade, a qual propicia o carreamento de matéria orgânica com a presença de compostos nitrogenados. De acordo com Vandenberg *et al.* (2005), as principais fontes de amônia e nitrato são os efluentes domésticos e industriais. Ribeiro (2004) encontrou elevadas concentrações de amônia no Paracuri durante o

período seco e no Combu no período chuvoso. Campagna (2005) analisando água de tributários do rio Monjolinho em São Paulo, encontrou elevadas concentrações de amônia em diferentes períodos do ano. A alta concentração de amônia pode ser justificada pela entrada de esgoto doméstico nestas áreas.

Segundo Webster *et al.* (2003), as concentrações de amônia podem ser reduzidas naturalmente através da nitrificação e precipitação. Fato que pode explicar os baixos valores desta variável no presente estudo, em pontos que sofrem com a ação antrópica, durante os meses de coleta.

O fósforo é importante para todos os organismos vivos, porém excessiva concentração de fósforo causa florescimento de algas e é prejudicial para quase todos os organismos aquáticos (SAID & SEHLKE 2004). Os níveis mais elevados de fosfato encontrados neste estudo foram durante os períodos intermediário chuvoso e chuvoso nos pontos localizados no Ver-o-Peso, no igarapé do Tucunduba e nas proximidades do Linhão de transmissão da Eletronorte. Os valores encontrados para o fosfato nestes pontos podem estar relacionados com as altas concentrações de coliformes, pois o fósforo é liberado também através das excreções humanas (RIBEIRO, 2004). Resultados semelhantes aos desta região foram observados por Ribeiro (2004) nos igarapés Paracuri e Combu no período chuvoso e no período seco e por Mazzeo (1991) no igarapé do Tucunduba e do Una.

No entanto, Brabo (1989) e Mazzeo (1991) encontraram nos canais do Reduto, da Bernardo Sayão, da Tamandaré e das Armas, locais que sofrem intensa poluição de detergentes e produtos químicos, altas concentrações de fosfato $5,5 \text{ mg/l}^{-1}$. Valor elevado em comparação a este estudo mesmo quando se tratando de áreas com intensa atividade antrópica.

No presente estudo foi possível verificar que as maiores concentrações dos sólidos totais dissolvidos ocorreram no mês de dezembro nos pontos da ilha da Barra, do porto da Palha, do

Arapari e do igarapé do Tucunduba. Ribeiro (2004) realizando análise de água no Paracuri e no Combu encontrou valores menores do que os detectados neste estudo. No entanto, Costa *et al.*, (2004) ao analisar água da bacia do rio Subaé na Bahia encontrou valores de 183 e 104 mg/l, próximos aos encontrados nestes estudos. A alta concentração de sólidos totais dissolvidos é uma característica das águas da baía do Guajará e do rio Guamá, devido à grande quantidade de material em suspensão encontrado em suas águas.

Os peixes e outros organismos aquáticos sofrem com as alterações ocorridas nos corpos hídricos. Devido ao seu papel principal no metabolismo e sua sensibilidade a alterações ambientais, o fígado dos peixes é muito usado em estudos ecotoxicológicos de compostos químicos orgânicos e inorgânicos (ARRELANO *et al.*, 1999).

Neste trabalho, algumas alterações como inflamação no tecido hepático e acúmulo de gordura foram encontradas no fígado de dourada (*B. rousseauxii*) capturada em locais onde há despejo de efluentes domésticos e industriais. De acordo com Caballero *et al.*, (1999), o tipo de alimentação e a qualidade de alimento influenciam na estrutura do fígado e podem provocar lesões no tecido hepático. Nos ambientes aquáticos a utilização de órgãos de animais para estudos histológicos informa o potencial de impacto mediante exposição a poluentes em várias espécies nativas (DE LA TORRE., *et al* 2005).

As alterações hepáticas em peixes capturados no igarapé do Tucunduba, no igarapé do Una, no Ver-o-Peso e nas proximidades do Linhão de Transmissão da Eletronorte, podem ser devidas à grande quantidade de matéria orgânica nestas áreas, que aliadas à alta concentração de microrganismos alteram a qualidade e afetam a fisiologia dos peixes destes locais.

Os agrotóxicos utilizados na agricultura provocam alterações nos tecidos dos peixes. Zdrorow *et al.* (2004) verificou que o uso de um tóxico provocava hipertrofia dos hepatócitos em

Danio rerio. Resultado semelhante foi encontrado por Mataqueiro (2006) em estudos com pacu da espécie *Piaractus mesopotamicus*. Langhiano & Martinez (2004) ao estudar um córrego que recebe efluente constataram que o fígado de espécimes da Ordem Siluriforme apresentou degeneração e vacuolização citoplasmática. Segundo Caballero *et al.* (1999) algumas alterações nem sempre significam uma patologia, e sim um mecanismo adaptativo às condições desfavoráveis.

A baía do Guajará e o rio Guamá são locais que recebem uma grande quantidade de efluentes domésticos e industriais vindos da cidade de Belém. Estes efluentes alteram a qualidade da água do local e afetam diretamente a saúde dos peixes destas áreas, sendo evidenciado pelo aparecimento de peixes com alterações como consequência da baixa qualidade da água destes locais.

Em virtude dos dados obtidos, este estudo sugere a implantação de medidas de saneamento e proteção ambiental, tendo em vista o equilíbrio do ambiente hídrico da baía do Guajará e do rio Guamá, bem como das espécies que nele vivem.

7. CONCLUSÃO

- As análises microbiológicas das amostras de água demonstraram uma acentuada contaminação durante os períodos intermediário chuvoso e chuvoso em 6 pontos de coleta.
- A ilha da Barra foi o local de coleta, onde as concentrações de coliformes totais e termotolerantes não atingiram índices elevados.
- A concentração de coliformes totais e termotolerantes observados no igarapé do Tucunduba, igarapé do Una, Ver-o-Peso, porto da Palha, Arapari e nas proximidades do Linhão da Eletronorte ultrapassaram os limites da classe 3 estabelecidos pelo CONAMA.
- As variáveis físico-químicas analisadas demonstram pequenas variações na baía do Guajará e no rio Guamá, mas encontram-se dentro dos padrões de normalidade.
- O número de peixes com fígados alterados foi maior do que o de peixes com fígados normais.
- Os resultados sugerem que a baía do Guajará e o rio Guamá apresentam indícios de contaminação por matéria orgânica, devido à influência das atividades antrópicas e da carência dos serviços de saneamento básico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AHMED H AL-HARBI. 2003. Feecal coliforms in pond water, sediment and hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* in Saudi Arabia. **Aquaculture Research**. 34. p 517-524.

ALVES, S. & ARAÚJO, V. A. B. 2004. **Avaliação microbiológica de cursos d'água na Ilha do Combu e Igarapé do Tucunduba, localizados no município de Belém-Pará**. 75p. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação). Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA/CCB.

APHA. American Public Health Association. 1998 **Standard Methods for the Examination of water and wastewater**. 20th. Washington: APHA.

ARELLANO, J. M. STORCH, V. SARASQUETE, C. 1999. Histological changes and copper accumulation in liver and gills of the senegales sole *solea senegalensis*. **Ecotoxicology and Enviromental Safety**. v. 48, p 62-72.

AU, D.W.T. 2004. The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review. **Marine Pollution Bulletin**. n° 48, p 817-834.

AYRES, M. JUNIOR, M.A. AYRES, D.L. SANTOS, A.S. BioEstat 3.0. 2003. **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade civil de Mamirauá. Brasília:CNPq,. p 290.

BARRETO, A. S. 1999. **Estudo da distribuição de metais em ambientes lóticos, com ênfase na assimilação das comunidades biológicas e a sua quantificação no sedimento e água**. Tese de Doutorado-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, p-274.

BERREDO, J. F. 2000. O transporte e comportamento geoquímico de metais pesados no estuário Guajarinu/Pa- Brasil. In: **Workshop ECOLAB** (Ecossistemas Costeiros Amazônicos), 5. Macpá-AP. Boletim de Resumos, p 309-314.

BELÉM, Prefeitura Municipal. Programa de Gestão dos Rios Urbanos. 2000. **Dossiê de candidatura da cidade de Belém-Pará-Brasil à função de cidade coordenadora e sede do secretariado técnico do grupo de trabalho gestão e participação dos rios urbanos de cidades da América latina e Caribe**. Belém: PMB/PGU.

BERNET, D. H. SCHMIDT, T. NAHLI. P. BURKHARDT-HOLM. 2000. Effects of wastewater on fish health: an integrated approach to biomarker responses in brown trout (*Salmo trutta l.*). **Journal of aquatic ecosystem stress and recovery**, vol 8. p 143-151.

BRABO, E.S. 1989. **Estudo da distribuição dos elementos fósforo e cromo em drenagens selecionadas de Belém**. Monografia Conclusão de Curso de Graduação. Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA, p46.

BRANCO, S.M. 2002. Água, meio ambiente e saúde. In. REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Água doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, p 227–247.

BRASIL. Ministério da saúde 2004a. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3ed. rev. Brasília:FUNASA, p 408.

BRASIL. Ministério da Saúde 2004b. **Portaria Nº 518 de 25 de março de 2004**. Brasília: MS, p 15.

BRASIL. Ministério da Saúde. 2004c. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 1ed. Brasília: FUNASA, p 146.

BUSS, D.F. BAPTISTA, D.F. NESSIMIAN, J.L. 2003. Bases conceituais para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro. Mar-abr. 19 (2): p 465-473.

CABALLERO, M.J. et al. 1999. Combined effect of lipid and fish mael quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**. v. 179, p 698.

CAHILL, M.M. 1990. Bacterial flora of fishes: a review. **Microbecol**, v 19, p 21-41.

CAMPAGNA, A.F. 2005. **Toxidade dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio Monjolinho (São Carlos- SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e haptacoloro**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos da Universidade de São Paulo. Pirassununga, p 266.

CHAMBERS, P. ALLARD, M. WALKER, S. MARSALEK, J. JEFFERSON, C. RENT, R. WONG, M. 1997. impacts of municipal wastewater effluents on Canadian water: a review; **Water Quality Res. J. Can.** 32, p 659-713.

CLARCK, R.B. 2002. **Marine pollution**. Oxford University Press. p 161.

CONAMA. 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2005. **Portaria Nº 357 de 17 de março de 2005**. Brasília: MMA/CONAMA.

COSTA, A. B. 2003. **Caracterização de bactérias do complexo Aeromonas isoladas de peixes de água doce e sua atividade patogênica**. Universidade de São Paulo. Piracicaba. Dissertação de mestrado. p 68.

COSTA, A.B. 2004. Estratégias para o estudo de bactérias potencialmente patogênicas em piscicultura. In: **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. Editores: CIRYNO, J.E.P. URBINATI, E.C. FRACALOSSO, D.M. CASTAGNOLLI. N. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. São Paulo: Tec Art. p 533.

COSTA, M. E. P. NASCIMENTO, D. M. C. OLIVEIRA, T. M. PEREIRA. F, F.L. ESPINHEIRA. 2004. A qualidade da água em pequena comunidade. Uma vivência de extensão. **Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**. Universidade Federal da Bahia-UFBA.

DE LA TORRE, F. R ; FERRARI, L.; SALIBIAN, A. 2005. Biomarkers of native fish species (Cnesterodon decemmaculatus) application to the water toxicity assessment of a peri-urban polluted river of Argentina. **Chemosphere**. v. 59, p 577-583.

ESTEVEZ, F.A. 1988. **Fundamentos da Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência: FINEP.

EL-SHAFI, S. A. HUUB J. G. FAYZA, A. FATMA, A. EL-GOHARY. 2004. Microbial quality of tilapia reared in fecal-contaminated ponds. **Environmental Research**. n° 95, p 231–238.

FRANÇA, F.C. 2001. **Degradação Ambiental e Qualidade de Vida em Belém**. In: Ecossistemas costeiros: Impactos e gestão ambiental. p 91-101.

FRANCO, B.D.G.M & LANDGRAF, M. 2003. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, p 27-28.

GARCIA, C.V. 2002. **Control y vigilancia de la calidad dei água de consumo humano**. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/aguasbass/control.html>

GRAF, A.C. 2000. **Água, bem mais precioso do milênio**: O papel dos Estados. *Brasília*: n°1, p 12-39.

HIBIYA, T. 1982. **An atlas of fish histology: normal and pathological features**. New york. Kodansha Tokyo, p 147

IDESP. Instituto do Desenvolvimento Econômico-social do Pará. 1990. **Belém: estudo ambiental do Estuário Guajará**. Relatório de pesquisa, 17. p 151.

JENG, A.H. ENGALNDE, A.J. BACKER, R.M. BRADFORD. H.B. 2004. Impact of urban stormwater runoff on estuarine environmental quality. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. n° 63, p 513-526.

JOHNSON, R.K. WIEDERHOLM, T. ROSENBERG. D.M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. (D.M. Rosenberg & V.H. Resh, ed.), pp 40-158, New York: Chapman & Hall.

LANGHIANO, V. C. & MARTINEZ, C. B. R. 2004. Liver histopathology of feral freshwater populations collected along a contaminated stream. **In**: VI International Congress on the Biology of fish. Manaus. Behavior, physiology and Toxicology Interactions in Fish, p241-245.

LIMA, C.L. S. 1996. **Isolamento e caracterização de Escherichia Coli, de ambientes aquáticos protegidos, pelos perfis plasmidiais e de resistência aos antibióticos, na região Norte.** Dissertação Mestrado. Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Pará, Belém, p-142.

LIMBERGER, L. & CORRÊA, G.T. 2005. Diagnóstico ambiental do Ribeirão de Lindóia (Londrina-PR): aspectos físico-químicos e bacteriológico. **Revista eletrônica da associação dos geógrafos brasileiros** – Seção de Três Lagoas- MS, v 2. nº 2- ano 2. p 43-66.

LOPES, D. F & BEZERRA, M.S.M. 2001. **Avaliação dos níveis de contaminação do igarapé do Tucunduba – evolução histórica e atuais perspectivas. Monografia** (Conclusão de Curso de Graduação). Centro Tecnológico. Universidade Federal do Para. Belém.

LUTTERBACH, M. T.S. VAZQUEZ, J.C. PINET, J.A. ANDREATA, J.V. SILVA, A.C da. 2001. Monitoring and spatial distribution of heterotropic bactéria and fecal coliforms in the Rodrigo de Freitas lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. **Scientic Eletronic Library Online**. vol 44. nº 1 Curitiba – PR, p 1 - 8.

MARQUES, P. P. 1993. Programa de Qualidade de Águas. A Água em Revista. **Revista Técnica da CPRM**. Ano I, nº1, Nov, p 35-41.

MATAQUEIRO, M. I. 2006. **Alterações histopatologicas e determinação residula em pacu (Piaractus mesopotamicus HOLMBERG, 1887) após exposição ao triclorfom.** Tese (Doutorado em aquíicultura): Universidade Estadual Paulista. Centro de Aquíicultura da UNESP. São Paulo, p 53.

MAZZEO, T.E. 1991. **Avaliação ambiental das vias de drenagem da região metropolitana de Belém-PA quanto a distribuição dos elementos Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn.** Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, p-141.

MORAES, D.S.L. & JORDÃO, B.Q. 2002. Degradação ambiental de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, 36 (3), p 370-374.

MOREIRA, E. 1966. Belém e sua expressão geográfica. Belém. **Imprensa universitária**, p 212.

MOTA, S. 1997. **Introdução a engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES.

MUNSHI, J.S.D. & DUTTA, H.M. 1996. Fish morphology horizon of new research. **Science publishers**, Inc. USA.

NEILL, M. 2004. Microbiological Indices for total coliform and E. coli bacteria in estuarine waters. **Marine Pollution Bulletin**. n° 49, p 752-760

O` BRIEN, M.N. 2002. **Análise bacteriológica das águas do igarapé do Tucunduba do município de Belém – Pará**. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação). Centro de Ciências Biológicas. Universidade federal do Pará. Belém: UFPA-CCB, p 41.

PAIVA, R. MELO, N. GOUVÊA, P. RAMOS, C. COSTA, S. 2004. **A ocupação urbana como fonte poluidora dos corpos d'água na região Amazônica. Estudo caso: composição primária da foz do Igarapé do Tucunduba** (Belém-Pará). In: A questão da água na grande Belém. UFPA. Fundação Heinrich Böll. p 247.

PARÁ, Secretaria de Estado de Indústria Comércio e Mineração. 1995. Plano diretor de mineração em áreas urbanas, região metropolitana de Belém e adjacências: **Projeto estudo do meio ambiente, em sítios de extrações de materiais de construção da região de Belém-Pa**. Belém: CEICOM-Pa, p 157.

PAVANELLI, G.C. EIRAS, J.C. TAKEMOTO, R.M. 1998. **Doenças de peixes: profilaxia e tratamento**. Maringá. ed. Eduem. p 263.

PENTEADO, A.R. 1968. **Belém do Pará (estudo de geografia urbana)**. vol 01. Belém, UFPA, p 183.

PROENÇA, C.E.M. de & BITTENCOURT, R.R.L. 1994. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília. IBAMA. p 196.

RAIKE, A. PIETILAINEN. O. REROLAINEN, S. KAUPPILA, P. PITKNEN, H. NIEMI, J. RAATELAND, A. VUORENMAA, J. 2003. Trends of phosphorus, nitrogen and chlorophyll a concentrations in Finnish rivers and lakes in 1975-2003, **Sci. Total Environ**. n° 310, p 47-59.

RAMOS, J. 2004. **Poluição e contaminação da orla de Belém**. In: A questão da água na grande Belém. UFPA. Fundação Heinrich Böll. p 247.

RIBEIRO, K.T.S. 2002. **Qualidade sanitária da água e saúde humana em áreas de influência de duas bacias hidrográficas do município de Belém-Pará**. Tese (Doutorado em desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido). Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA-NAEA/PTU, p 285.

RIBEIRO, K.T.S. 2004. **Água e saúde humana em Belém**. Belém: Cejup, p 280.

RICKLEFS, R.E.A. 1996. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara koogan. p 470.

SAID, A. STEVENS, D & K. SEHLKE, G. 2004. An Innovative Index for Evaluating Water Quality in Streams. **Environmental Assessment**. Vol. 34, n°3, p 406-414.

SARAIVA, F. S. 2003. **Pesquisa de Enterococcus através da técnica da membrana filtrante na água superficial da região de Belém-Pará. Monografia** (Conclusão do Curso de Graduação). Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA/CCB, p 52.

SCOTT, T.M., SALINA, P., PORTIER, K.M., ROSE, J.B., TAMPLIN, M.L.FARRAH, S.R., KOO, A., LUKASIK, J., 2003. Geographical variation in ribotype profiles of Escherichia coli isolates from human, swim, poultry, beef and dairy cattle in Florida. Appl. **Environ. Microbiol.** 69 (2), 1089–1092.

SENA, M. J. S. & MESQUITA, A. L. A. 2004. Descrição técnica de modelagem numérica do escoamento na baía do Guajará. In: **A questão da água na grande Belém**. UFPA. Fundação Heinrich Böll. p 247.

SHEHANE, S.D. HARWOOD, V.J WHINTLOCK, J.E. ROSE. J.P. 2005. The influence of rainfall on the incidence of microbial faecal indicators and the dominant sources of faecal pollution in a Florida river. **journal of Applied Microbiology**. vol 98, p 1127-1136.

SIOLI, H. 1985. **Amazônia fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Ed. Vozes Ltda. Petrópolis - RJ. P – 72.

SOUZA, A. L. MELLO, C. F. CARDOSO, C. de L. BARBAS, V.J.L. SUZA, A. da S. 2004. Uso Racional e Sustentável da Água na Aqüicultura. In: **A questão da água na grande Belém**. UFPA. Fundação Heinrich Böll. p 247.

TRIPATHI, R.D. BAGHEL, V.S. GOLPAL, K. DWIVEDI. S. 2005. Bacterial indicators of faecal contamination of the Gangetic river system right at its source. **Ecological Indicators**. n°5 . p 49-56.

VANDENBERG, J.A. RYAN, M.C. NUEL, D.D. CHU, A. 2005. Field evaluation of mixing length and attenuation of nutrients and faecal coliform in a wastewater effluent plume. **Environmental Monitoring and Assessment**, n° 107, p 45-57.

VINAY. S. B, KRISHNA, G. SANJAY, D. RUDRA, D. T. 2005. Bacterial indicators of faecal contamination of the Gangetic river system right at its source. **Ecological Indicators**, vol 05, p 49-56.

WALKER, C. H. 1996. **Principles of ecotoxicology**. London: Taylor & Francis.

WEBSTER, J. R. MOLHOLLAND, P.J. TANK, J.L. VALETT, H.M. DODDS, W.K. PETERSON, B.J. BOWDEN, W.B. DAHM, C.N. FINDLAY, S. GREGORY, S.V. GRIMM, N.V. HAMILTON, S.K. JOHNSON, S.L. MARTÍ, E. MACDOWELL, W.H. MEYER, J.L. MORRALL, D.D. THOMAS, S.A. and. WOLLHEIM, W.M. 2003. Factors affecting ammonium uptake in streams- an inter-biome perspective, **freshw. Biol.** 48, p 1329-1352.

WINKALE, E.U. SILVA, A. das G. GALINDO, C. H. MARTINEZ. C. B. dos R. 2001. **Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de rios de Londrina, Estado do Paraná**. Maringá, vol 23, n° 2. p 507-514.

YILMAZ, A.A. OKUS, E. ÖVEZ, S. 2004. Bacteriological indicators of anthropogenic impact prior to and during the recovery of water quality in an extremely polluted estuary, Golden Horn, Turkey. **Marine Pollution Bulletin**, vol 49, p 951-958.

ZODROW, J. M. ; STEGEMAN, J. J. ; TANGUAY, R. L. 2004. Histological analysis of acute toxicity of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD) IN ZEBRAFISH. **Aquatic Toxicology**. v. 66, p.25-38.