

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

**ANTONIO EDUARDO LOPES CAMPOS**

**IMPACTO AMBIENTAL NO IGARAPÉ DO SABINO (BACIA DO RIO TIBIRI)  
PROVOCADO PELOS RESÍDUOS E EFLUENTES DO ATERRO DA RIBEIRA,  
SÃO LUÍS, MA**

São Luís

2007

**ANTONIO EDUARDO LOPES CAMPOS**

**IMPACTO AMBIENTAL NO IGARAPÉ DO SABINO (BACIA DO RIO TIBIRI)  
PROVOCADO PELOS RESÍDUOS E EFLUENTES DO ATERRO DA RIBEIRA,  
SÃO LUÍS, MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Gilvanda Silva Nunes

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Barbieri

São Luís

2007

**ANTONIO EDUARDO LOPES CAMPOS**

**IMPACTO AMBIENTAL NO IGARAPÉ DO SABINO (BACIA DO RIO TIBIRI)  
PROVOCADO PELOS RESÍDUOS E EFLUENTES DO ATERRO DA RIBEIRA,  
SÃO LUÍS, MA**

A Comissão julgadora dos trabalhos de defesa da Dissertação de mestrado, em sessão pública realizada em ...../...../....., considera o candidato .....

Aprovado em     /     /

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gilvanda Silva Nunes** (Orientadora)

---

**Prof. Dr. Ozelito Possidônio de Amarante Junior**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ilda Antonieta Salata Toscano**

Dedico este trabalho aos meus pais:  
Antonio Luís Campos e Honorata Magnólia  
Lopes Campos, pelo exemplo de luta e  
determinação.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, em primeiro lugar, por toda graça concedida.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **Gilvanda Silva Nunes** pela orientação, paciência e pelas valiosas informações científicas.

Ao Prof. Dr. **Ricardo Barbieri**, pela co-orientação, apoio em parte das análises físico-químicas e generosidade.

Ao Prof. Dr. **Ozelito Possidônio Amarante Junior** pela colaboração e ajuda.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **Ilda Antonieta Salata Toscano** – Universidade Católica de Brasília, pela colaboração em parte das análises químicas.

A **Igor Cardoso Pescara**, pela colaboração em parte das análises químicas.

Ao Prof. Dr. **Luiz Fabrício Zara** – Laboratório Espectroscopia Atômica Aplicada – LEAA, Hospital da Universidade Católica de Brasília, pela ajuda.

A **José Crediciomar de Oliveira** – Química/UFMA, pela ajuda, ensinamentos e companheirismo.

Ao Prof. Ms. **Eliesé Idalino** – CEFET/PI, pela amizade e ajuda.

Aos profissionais do Laboratório de Recursos Hídricos (LABOHIDRO) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pelo apoio e ensinamentos.

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pelo apoio e incentivo dado à nossa pesquisa.

Ao meu amigo **Antonio Carlos Pereira de Sousa**, por ter me acompanhado e muito me ajudado durante as coletas no campo.

E, por fim, a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

*“O uso dos recursos naturais de uma determinada região e seus ecossistemas dependem muito mais do processo produtivo e relações socioeconômicas adotadas por sua comunidade que propriamente uma utilização racional e integralizada, evidenciando a falta de uma articulação científica a respeito da problemática ambiental”.*

Marcio Magera.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo realizar uma caracterização física e avaliar os impactos ambientais provocados pelo Aterro da Ribeira no Igarapé do Sabino, que faz parte da Bacia do Tibiri, em São Luís, Ma. Foram realizadas análises físico-químicas, morfométricas e feitos levantamentos bibliográficos e cartográficos sobre a sub-bacia do Sabino (Igarapé do Sabino). Como parâmetros de campo, foram medidos: pH, temperatura da água, condutividade, velocidade do fluxo do canal fluvial, sinuosidade, forma da seção transversal, área da seção transversal e descarga do rio. Foram determinados, por análises laboratoriais, oxigênio dissolvido na água, demanda bioquímica de oxigênio e teores de metais pesados (Pb, Hg, Zn, Cu, Cd, Ni e Fe). Os resultados obtidos para o índice de circularidade, o fator de forma e o coeficiente de compacidade apontam que a Sub-bacia possui uma forma alongada sendo pouco suscetível a enchentes. A concentração do oxigênio dissolvido está abaixo do permitido pela legislação do CONAMA (até 5 mg/L) em quase todos os pontos amostrados. No primeiro ponto de amostragem foi detectado uma alta DBO<sub>5</sub> em vários meses do ano e os teores de Hg, Pb, Zn, Cu e Fe estão acima dos permitidos pela resolução do CONAMA, indicando vários impactos na área estudada.

Palavras-chave: Degradação ambiental. Metais pesados. Sub-bacia hidrográfica.

## ABSTRACT

This study aims to perform a physical characterization and to evaluate the environmental impacts provoked by the Ribeira landfill in the Sabino's bayou, which is part of the basin of Tibiri, in São Luís, state of Maranhão. Physical-chemical and morphometrical analyses have been made, and also bibliographical and cartographical surveys on the sub-basin of Sabino (Sabino's bayou). As field parameter, pH, water temperature, conductivity, flow velocity of channel, sinuosity, shape of transversal section, area of transversal section and river discharge have been measured. By means of laboratory analyses, oxygen dissolved in water, oxygen biochemical demand and tenors of heavy metals (Pb, Hg, Zn, Cu, Cd, Ni and Fe) have been determined. The results obtained to the circularity index, factor of form and coefficient of compactness show that the sub-basin has an elongated form being little susceptible to floodings. The concentration of dissolved oxygen is below the level permitted by CONAMA legislation (up to 5 mg/l) in almost all sampled areas. In the first sampled area, it has been detected a high DB05 in several months of the year and the tenors of Hg, Pb, Zn, Cu, and Fe are above the levels permitted by CONAMA legislation, which shows various impacts in the area studied.

**Keywords:** Environmental degradation. Heavy metals. Sub-basin hydrographic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização do Aterro da Ribeira e dos pontos de coleta na Sub-bacia do Sabino. ....	22
Figura 2	Etapas envolvidas no processo de extração e pré-concentração das amostras .....	25
Figura 3	Localização da Bacia do Tibiri .....	27
Figura 4	Mapa de solos da Ilha do Maranhão .....	30
Figura 5	Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do rio Tibiri .....	33
Figura 6	Mapa de drenagem da Sub-bacia do Sabino .....	40
Figura 7	Mapa hipsométrico da Sub-bacia do Sabino.....	41
Figura 8	Mapa da declividade da Sub-bacia do Sabino .....	42
Figura 9	Perfil da Seção Transversal do Igarapé do Sabino .....	43
Figura 10	Variação do Oxigênio Dissolvido na água, em função da localidade e do tempo .....	47
Figura 11	Variação do pH da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo. ....	47
Figura 12	Variação da Temperatura da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo. ....	48
Figura 13	Variação da Condutividade da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo .....	49
Figura 14	Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.....	50
Figura 15	Variação dos teores de Chumbo na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo. ....	53
Figura 16	Variação dos teores de Chumbo nos Sólidos em Suspensão no Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.....	54
Figura 17	Variação dos teores de Zinco na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo .....	55
Figura 18	Variação dos teores de Zinco nos sólidos em suspensão no Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.....	56
Figura 19	Variação dos teores de Mercúrio na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.....	58
Figura 20	Variação dos teores de Mercúrio nos sólidos em suspensão no Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.....	59
Figura 21	Variação dos teores de Cobre na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo. ....	60
Figura 22	Variação do pH, Temp, O.D, Cond, e DBO <sub>5</sub> na água do Igarapé do Sabino, no ponto controle (0). ....	61
Figura 23	Teores (mg/L) do Hg, Cd, Pb, Ni, Cu, Fe e Zn na água do Igarapé do Sabino, no ponto controle (0).. ....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Hierarquia fluvial da Sub-bacia do Sabino .....	39
Tabela 2	Características físicas da Sub-bacia hidrográfica do Sabino.....	44
Tabela 3	Produtos que contêm mercúrio em um resíduo sólido.....	57
Tabela 4	Tabela de monitoramento geral dos teores dos metais pesados no Igarapé do Sabino.....	59

## LISTA DE SIGLAS

ABETRE	- Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais
ACP	- Análise de Componentes Principais
ALUMAR	- Consórcio Alumínio do Maranhão
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento ambiental
COLISEU	- Companhia de Limpeza e Serviços Urbanos
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
CVRD	- Companhia Vale do Rio Doce
DSG/ME	- Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FAPEMA	- Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LABOHIDRO	- Laboratório de Recursos Hídricos
PGC	- Programa Grande Carajás
RIMA	- Relatório de Impacto do Meio Ambiente
SEMA	- Secretaria Estadual do Meio Ambiente
UFMA	- Universidade Federal do Maranhão

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1</b>	<b>Recursos hídricos: histórico e noções sobre legislação</b> .....	14
<b>1.2</b>	<b>Água no mundo: distribuição e escassez</b> .....	19
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	21
<b>2.1</b>	<b>Geral</b> .....	21
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b> .....	21
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>3.1</b>	<b>Procedimentos metodológicos</b> .....	22
3.1.1	Amostragem.....	22
3.1.2	Análise e levantamento cartográfico.....	23
3.1.3	Análise morfométrica .....	23
3.1.4	Análises de campo .....	24
3.1.5	Análises laboratoriais.....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
<b>4.1</b>	<b>Caracterização do ecossistema aquático estudado</b> .....	27
<b>4.2</b>	<b>Uso e ocupação do solo</b> .....	30
<b>4.3</b>	<b>Morfometria da Sub-bacia do Sabino</b> .....	36
4.3.1	Coefficiente de compacidade .....	36
4.3.2	Fator de forma.....	37
4.3.3	Índice de circularidade .....	37
4.3.4	Ordem hierárquica .....	38
4.3.5	Densidade de drenagem .....	39
4.3.6	Hipsometria da Sub-bacia do Sabino.....	41
4.3.7	Declividade da Sub-bacia do Sabino .....	42
4.3.8	Área da seção transversal.....	43
<b>4.4</b>	<b>Contaminação e poluição da massa líquida e a ameaça à biodiversidade</b> .....	44
4.4.1	Avaliação dos parâmetros pH, OD, T, condutividade e DBO <sub>5</sub> .....	44
4.4.2	A Presença de metais pesados na água do Igarapé do Sabino .....	51
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	64
	REFERÊNCIAS.....	66
	ANEXO .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização ocorrido em escala mundial resultou em grandes concentrações populacionais e estas impulsionaram a agressão ao meio ambiente urbano e à biodiversidade animal e vegetal. Em consequência disto, observa-se o comprometimento do ambiente, por meio da poluição do ar, da poluição hídrica (lagos, mares, oceanos e rios), da ausência de áreas verdes, da baixa circulação do ar atmosférico, do desmatamento, do esgoto *in natura*, do saneamento inadequado, entre outros.

Cabe aos pesquisadores, portanto, conceber estratégias de utilização dos recursos ambientais da forma mais proveitosa e menos degradadora possível. Isso passa por duas tarefas imensas, mas de importância fundamental: a) recuperar, quando possível, os recursos naturais degradados por uso inadequado; b) desenvolver estratégias de uso dos recursos naturais, de forma a otimizar o seu aproveitamento sem comprometer o seu potencial de utilização futura (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Atualmente, há um consenso muito bem fundamentado no meio científico de que a bacia hidrográfica é a unidade ambiental mais adequada para o tratamento dos componentes e da dinâmica das interrelações concernentes ao planejamento e à gestão do desenvolvimento, especialmente no âmbito regional. O uso dessa unidade natural ecogeofisiográfica possibilita uma visão sistêmica e integrada, devido, principalmente, à clara delimitação e à natural interdependência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos. Sobre esses subsistemas atuam as forças antropogênicas, em que atividades e sistemas econômicos, sociais e biogeográficos interagem (AB'SABER, 1987).

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

Pelo caráter integrador, Guerra e Cunha (1996) citaram que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nessa ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Ainda de acordo com esses autores, em nações mais desenvolvidas, a bacia hidrográfica também tem sido utilizada como unidade de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua qualidade e quantidade.

No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1996), o processo desordenado de ocupação do território brasileiro foi responsável pelas formas atuais do uso do solo e da poluição descontrolada. Assim, tanto a urbanização quanto a industrialização desconsideraram o equilíbrio e a preservação do ambiente, o que despertou a sociedade para novas concepções quanto à relação homem/natureza.

No Maranhão, verificou-se o aumento do índice de urbanização, que era de 17,3% em 1950, passando para 59,51% em 2000. Isso se deu devido ao incremento na rede viária, como também na concentração de terras na zona rural (latifúndio), o que resultou na liberação de mão-de-obra, a qual migrou para os núcleos urbanos, entre eles São Luís (FERREIRA, 1997). Em conseqüência, constatou-se o aumento e a diversificação dos impactos ambientais provenientes da ocupação desordenada do solo, principalmente a poluição dos recursos hídricos.

Em São Luís, a problemática agravou-se a partir da década de 80, devido à intensificação do uso do solo, ou seja, à urbanização e à diversificação das atividades produtivas, com as instalações de projetos ligados ao Programa Grande Carajás (PGC), como o Complexo Portuário-Industrial e Ferroviário da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), e do Consórcio Alumínio do Maranhão (ALUMAR), os quais influenciaram a migração do interior do Estado e de outros Estados brasileiros, favorecendo assim, o aumento populacional e a especulação imobiliária, acelerando os problemas ambientais na capital do Estado (FERREIRA, 1997).

A infra-estrutura, o planejamento urbano, o saneamento básico, a coleta e a disposição final dos resíduos sólidos e o aproveitamento dos recursos hídricos não acompanharam o mesmo ritmo do crescimento populacional. As evidências das atividades antrópicas nas margens dos principais rios que drenam a cidade de São Luís são marcantes, notadamente as atividades que impõem mais danos ao equilíbrio dos recursos hídricos (MACEDO, 2003).

Uma das mais recentes preocupações da humanidade nos grandes centros urbanos diz respeito à presença de resíduos sólidos, pois a industrialização, o crescimento acelerado da população e o consumo exacerbado de produtos descartáveis têm sido os responsáveis pela produção em demasia de resíduos sólidos nas grandes e médias cidades.

Segundo a CETESB (1983 *apud* SÁ, 1993), as pequenas e médias comunidades produzem, por habitante, em média, 0,4 kg/dia de lixo, podendo este número chegar a 0,6 kg/dia. Na grande maioria das cidades, todo esse lixo não possui um destino final adequado, ocasionando, assim, poluição ambiental.

Uma forma primitiva que é bastante utilizada até hoje, nas grandes cidades, são os vazadouros a céu aberto (lixões), que poluem o ambiente, causando estragos muitas vezes irreversíveis.

O Maranhão não foge a essa realidade. Após visitas e estudos realizados no Aterro da Ribeira em São Luís, no ano de 1998, constatou-se que o mesmo não vinha sendo operacionalizado utilizando os procedimentos exigidos pelas normas técnicas: espalhar, compactar e cobrir com terra os resíduos sólidos, formando células de lixo (CAMPOS, 1998). Observou-se, também, que não vêm sendo executadas algumas medidas mitigadoras, tais como o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas e a drenagem do lixo percolado para as lagoas de tratamento. Isto tem causado vários impactos ao ambiente, entre os quais podemos citar: exposição de lixo a céu aberto, com o aparecimento de micro e macro vetores transmissores de doenças (artrópodes, roedores e principalmente insetos), presença de urubus (risco para o tráfego aéreo, devido à proximidade com o aeroporto Marechal Cunha Machado) e exposição de chorume a céu aberto, contaminando o solo, o lençol freático e, conseqüentemente, o Igarapé do Sabino ou da Ribeira, afluente da bacia do rio Tibiri.

Este trabalho é apenas uma primeira iniciativa para se avaliar a magnitude da ação antropogênica sobre esse ecossistema aquático.

### **1.1 Recursos hídricos: histórico e noções sobre legislação**

Globalmente, a água está em constante renovação por meio do ciclo hidrológico. Há uma contínua e crescente demanda hídrica, resultante da expansão populacional e da própria evolução e comportamento da sociedade atual que, além de exigir maiores quantidades, normalmente a devolve ao meio com qualidades impróprias à sua pronta e imediata reutilização, superando, em muitos casos, a velocidade de reposição permitida pelo ciclo hidrológico.

A poluição das águas é proveniente de praticamente todas as atividades humanas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor.

Atualmente, uma atenção especial vem sendo dada à água, no que se refere às suas quantidades e qualidades adequadas, não só pela classe científica, como também pelos diferentes setores da sociedade.

Essa crescente preocupação fundamenta-se em inevitáveis crises futuras que seriam decorrentes de sua insuficiente disponibilidade perante as necessidades da sociedade,

comprometendo, direta ou indiretamente, a sua própria existência e a sua busca por um desenvolvimento sustentado.

A Eco-92, realizada na cidade do Rio de Janeiro, teve como resultado a elaboração da Agenda 21, na qual, no Capítulo 18, foram manifestadas as sérias preocupações em relação ao futuro da água, com a definição de um rigoroso programa de suporte técnico para a gestão dos recursos hídricos em todo o mundo. Em tal conferência ficou claro que, com o crescente aumento da população e das atividades econômicas, muitos países estão chegando, com rapidez, a uma situação de escassez de água e, portanto, às conseqüentes limitações de seu desenvolvimento econômico, obrigando-os a implantar rígidas políticas de gerenciamento dos recursos hídricos.

O rápido crescimento da demanda de água deve-se ao destino de 70% a 80% para as práticas de irrigação, cerca de 20% ao consumo industrial e, aproximadamente 6% ao consumo urbano, como discutido na Eco-92. Dessa forma, o planejamento e o gerenciamento de recursos hídricos têm suas plenas justificativas ante o panorama delineado para a água nesse novo século, levando-se, assim, à criação ou, em alguns casos, ao aperfeiçoamento de sistemas e mecanismos de uso e manejo da água em diferentes países, compatíveis com as suas realidades.

O Brasil encontra-se entre aqueles países que já possuem uma legislação específica sobre os recursos hídricos, representada pela Lei Federal nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), que estabeleceu as normas básicas de organização e gestão desses recursos para todo o território brasileiro.

A Resolução n. 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil, que, segundo seus usos preponderantes, são enquadradas em treze classes, dentro de limites e condições indispensáveis, visando aos diferentes usos e ao equilíbrio ecológico dos corpos de água.

No Artigo 2 da referida resolução, são adotadas as seguintes definições:

I – águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰;

II – águas salobras: águas salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰;

III – águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰;

As águas salobras são classificadas em quatro classes, ou seja, classe especial e classes 1, 2 e 3, de acordo com sua qualidade e condições de utilização, que assim podem ser descritas:

Classe especial – águas destinadas:

- à preservação dos ambientes aquáticos em unidade de conservação de proteção integral;
- à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Classe 1 – águas que podem ser destinadas:

- à recreação de contato primário, conforme Resolução n 274, de 2000;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à aqüicultura e à atividade de pesca;
- ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;
- à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Classe 2 – águas que podem ser destinadas:

- à pesca amadora;
- à recreação de contato secundário.

Classe 3 – águas que podem ser destinadas:

- à navegação;
- à harmonia paisagística.

Essa Resolução estabelece os teores máximos permitidos de substâncias químicas potencialmente prejudiciais, além de valores relativos a parâmetros físico-químicos e biológicos.

Neste trabalho, são priorizados alguns parâmetros estabelecidos para as águas salobras, pelo fato de estudarmos um ambiente com água salobra.

Segundo a Legislação Brasileira CONAMA (BRASIL, 2005), Art. 21, nas águas salobras de classe 1, devem ser observadas as seguintes condições e padrões:

I – condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- b) carbono orgânico total: até 3 ml/L, como C;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5mg/L O<sub>2</sub>;
- d) pH: 6,5 a 8,5
- e) óleo e graxas: virtualmente ausentes;
- f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

i) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n. 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para 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, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão competente.

– Os padrões de qualidade de água podem ser observados no Quadro 1

<b>Classe 1 – Águas Salobras</b>	
<b>Padrões</b>	
<b>Parâmetros Inorgânicos</b>	<b>Valor Máximo</b>
Alumino dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 ug/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1.4 mg/L F

Fósforo total	0,124 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
<b>Parâmetros Orgânicos</b>	<b>Valor Máximo</b>
Aldrin + dieldrin	0,0019 ug/L
Benzeno	700 ug/L
Carbaril	0,32 ug/L
Clordano (cis + trans)	0,004 ug/L
2, 4-D	10,0 ug/L
DDT (p,p'DDT + p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 ug/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 ug/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 ug/L
Endrin	0,004 ug/L
Endossulfan ( $\alpha$ + $\beta$ + sulfato)	0,01 ug/L
Etilbenzeno	25,0 ug/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4 – aminoantipirina)	0,003 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Gution	0,01 ug/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 ug/L
Lindano ( $\gamma$ -HCH)	0,004 ug/L
Malation	0,1 ug/L
Metoxicloro	0,03 ug/L
Monoclorobenzeno	25 ug/L
Paration	0,04 ug/L
Pentaclorofenol	7,9 ug/L
PCBs – Bifenilas Policloradas	0,03 ug/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 ug/L
Tolueno	215 ug/L
Toxafeno	0,0002 ug/L
2,4,5-TP	10,0 ug/L
Tribulilestanho	0,010 ug/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 ug/L

**Quadro 1** - Padrões de qualidade de água

Fonte: Resolução CONAMA n. 357/ 2005.

Vários estados brasileiros também vêm dispensando esforços, a fim de criar ou aperfeiçoar mecanismos legais que visem à preservação da qualidade e à utilização racional da água.

No Estado do Maranhão, com a aprovação da Lei n: 8.149 de 15 de junho de 2004 (MARANHÃO, 2004), foram estabelecidas normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos que, segundo o Art. 2º, baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I – a água é um bem de domínio público;
- II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e social;
- III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplos das águas;
- V – a bacia hidrográfica é a unidade físico-territorial para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos;
- VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades;
- VII – a compatibilização entre o Plano Estadual de Recursos Hídricos, o Plano Nacional de Recursos Hídricos, os Planos Diretores de Bacia Hidrográfica, os Planos Diretores dos Municípios e os setores usuários.

Embora haja uma legislação rigorosa que dá condições à fiscalização e ao controle dos danos causados aos recursos hídricos, não há uma conscientização/sensibilização efetiva do Poder Público e da sociedade através de ações concretas que impeçam os danos e direcionem racionalmente o uso.

## **1.2 Água no mundo: distribuição e escassez**

Embora nosso planeta seja praticamente coberto por água, só uma parcela diminuta encontra-se disponível para suprir nossas necessidades. O potencial hídrico do planeta é estimado em 1,4 bilhões de m<sup>3</sup>, ocupando aproximadamente 2/3 da superfície terrestre; no entanto, praticamente sua totalidade encontra-se em reservatórios normalmente indisponíveis ou de custos de exploração proibitivos para a humanidade: os oceanos, devido à salinidade; e as geleiras, em função da localização e da distância. A parcela de água doce mais acessível é constituída apenas pela parcela das águas que fluem pelos rios, lagos, no solo e nos lençóis subterrâneos próximos da superfície (ANDREOLI, 2003).

No que diz respeito ao Brasil, este é um país privilegiado em recursos hídricos, dispondo de uma das amplas, diversificadas e extensas redes fluviais de todo o mundo, o que equivale a aproximadamente 18% de todo o potencial hídrico do planeta. Esta Condição

deixaria o Brasil em uma posição confortável, se não fosse o comprometimento da qualidade de suas águas.

A maior parte da água disponível para uso no Brasil está concentrada nas regiões Norte e Centro-Oeste, o que representa aproximadamente 83% das águas superficiais do país; no entanto, essas regiões abrigam um número muito reduzido de habitantes, se comparada com as demais regiões brasileiras.

É importante ressaltar que, diante da disponibilidade hídrica do planeta, a escassez da água era considerada no passado como uma preocupação restrita apenas às regiões áridas. Todavia, atualmente vem assumindo importância em várias regiões do mundo, como por exemplo, na América Latina, considerada a de maior potencial hídrico.

Essa mudança de concepção ocorreu a partir do momento em que a água passou a ser vista como um recurso renovável, mas não inesgotável, uma vez que, através do ciclo hidrológico, a água flui entre os diversos compartimentos ambientais do planeta, num processo de transferência entre atmosfera, solo, lençóis subterrâneos, rios, oceanos, geleiras e novamente atmosfera, que envolve a gravidade e o clima. Neste percurso, a água renova-se continuamente, diferenciando-se dos recursos naturais não-renováveis explorados pelo homem, que uma vez utilizados não podem ser empregados novamente para o mesmo fim.

No Brasil, embora a disponibilidade hídrica regional não caracterize “estresse de água”, a crise no abastecimento de água já é realidade em várias regiões metropolitanas do país, tais como São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Recife, Salvador, Fortaleza, Curitiba entre outros (ANDREOLI, 2003). Assim, faz-se oportuno afirmar que, além do desequilíbrio causado pela distribuição irregular da água, outro fator que vem ameaçando as águas superficiais, em particular os mananciais de abastecimento, é a própria atividade humana, pois, a disponibilidade da água e sua capacidade de renovação através do ciclo hidrológico está cada vez mais sendo alterada pela intervenção humana, o que tem contribuído para comprometer a produção e a conservação da qualidade da água disponível.

Pode-se destacar, ainda, que as cidades comprometem o ciclo hidrológico através da impermeabilização do solo, reduzindo a infiltração, e pelo lançamento de resíduos e efluentes que afetam a qualidade e diminuem o volume de águas em condições de utilização.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar a qualidade da água e os impactos ambientais provocados pelos resíduos e efluentes provenientes do Aterro da Ribeira no ecossistema aquático Igarapé do Sabino.

### **2.2 Específicos**

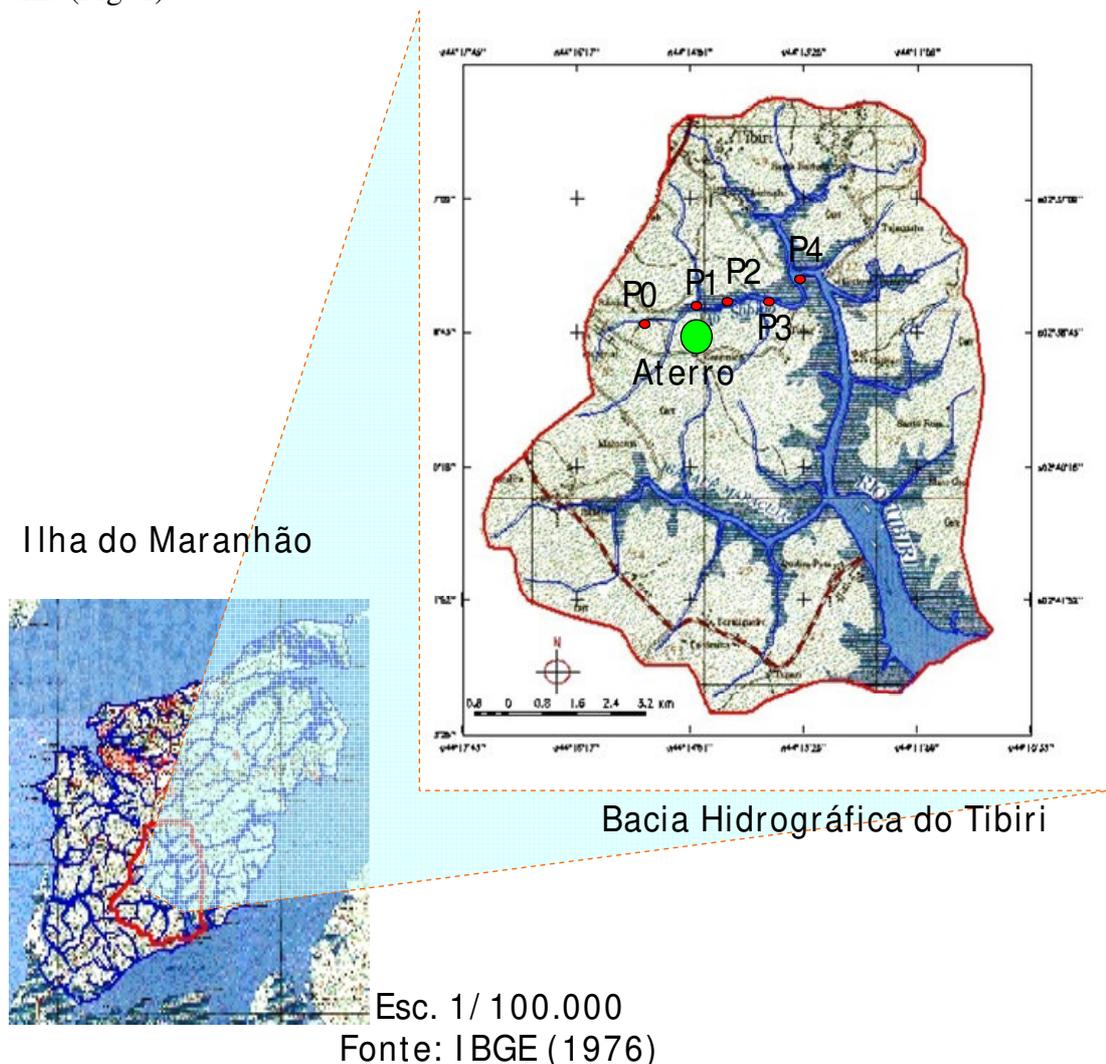
- a) Detectar os possíveis impactos ambientais, através de análises de campo (observação direta, medida de temperatura e coleta da água) e laboratoriais (análises da água: pH, DBO<sub>5</sub>, OD, condutividade e teores de metais pesados);
- b) Caracterizar fisicamente a Sub-bacia do Sabino, através de análises morfométricas e elaborar mapas para um melhor reconhecimento da área de estudo;
- c) Diagnosticar e propor alternativas que visem a minimizar os impactos no referido ecossistema aquático, de modo a garantir a conservação dos recursos naturais.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Procedimentos metodológicos

##### 3.1.1 Amostragem

O monitoramento ambiental foi realizado, escolhendo-se 5 pontos no Igarapé do Sabino para coleta de amostras: o ponto zero e o primeiro ponto no alto curso; o segundo e o terceiro, no médio curso, e o quarto, no baixo curso, onde o igarapé deságua no rio principal (Tibiri). A distância entre os pontos de amostra é de aproximadamente 1,5 km. As coletas foram realizadas mensalmente de fevereiro de 2006 a janeiro 2007. Os locais de coleta foram estabelecidos de forma a assegurar que a amostragem fosse significativa para a caracterização do sistema (Fig. 1).



**Figura 1** – Localização do Aterro da Ribeira e dos pontos de coleta na Sub-bacia do Sabino.

Fonte: IBGE adaptado por Campos (1998).

Os pontos de coleta podem ser assim descritos:

- Ponto 0 – A montante do Aterro da Ribeira. Á 2° 38' 26,04''S e 44° 14' 37,75''W
- Ponto 1 – Próximo ao Aterro da Ribeira, onde os efluentes do Aterro são lançados na água. A 02° 38' 49,1'' S e 44° 14' 50,8'' W de Gmt.
- Ponto 2 – A 02° 38' 31'' S e 44° 14' 18,5'' W de Gmt.
- Ponto 3 – Próximo ao lugar chamado Campina. A 02° 38' 34,9'' S e 44° 13' 73,8'' W de Gmt.
- Ponto 4 – Na foz do Igarapé do Sabino, onde este deságua no rio Tibiri. A 02° 38' 14,1'' S e 44° 13' 48,4'' W de Gmt.

### 3.1.2 Análise e levantamento cartográfico

Além do levantamento e análise das fontes bibliográficas relacionadas ao tema proposto, foram realizados também o levantamento e a interpretação, tanto da base cartográfica da área de estudo quanto da carta topográfica elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército (DSG/ME), em 1980 (escala 1:10.000). Para elaboração dos mapas de drenagem, hipsométrico e declividade da sub-bacia do Sabino, foram usados os Softwares Cartalinx – UNTITLED.LNX e Arcview 3.2.

### 3.1.3 Análise morfométrica

Para uma caracterização mais detalhada, do ponto de vista quantitativo e qualitativo, objetivando uma maior compreensão dos fatores e dos processos que ocorrem no Igarapé do Sabino, foi feita uma análise morfométrica de alguns parâmetros estudados por vários autores, entre eles Horton (*apud* MACHADO, 1983), Straler (*apud* PAULUS, 1988) e Christofolletti (1980). Os índices ou parâmetros adotados neste trabalho são abordados em três itens: hierarquia fluvial, análise areal e análise linear.

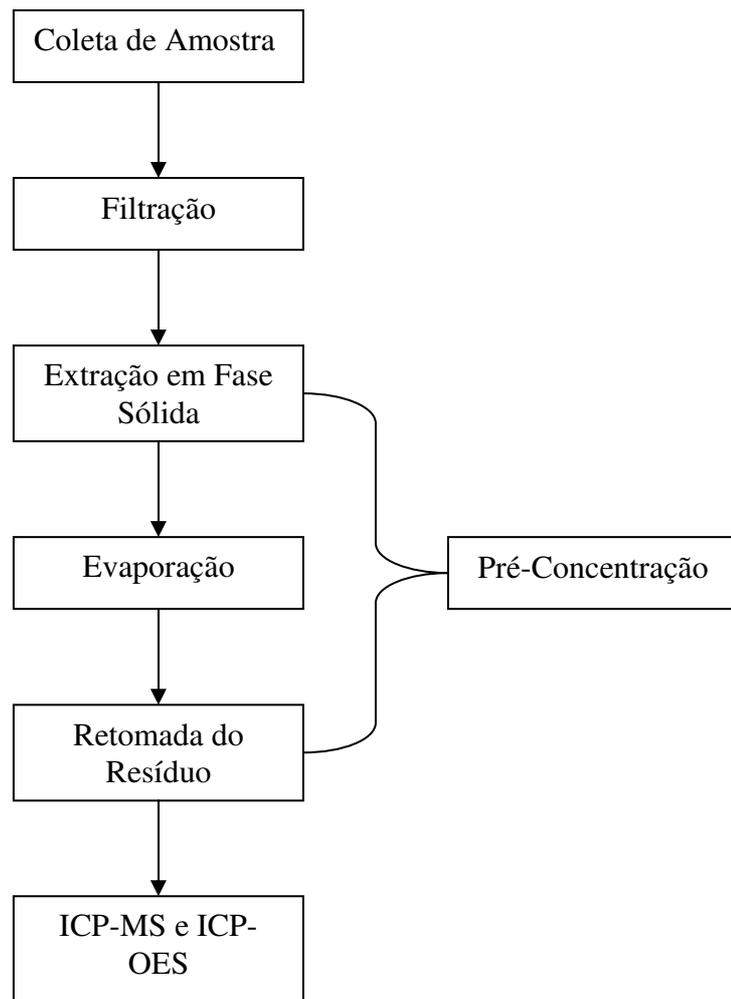
### 3.1.4 Análises de campo

Foram medidas a velocidade do fluxo do canal fluvial (método dos flutuadores), a sinuosidade, a forma da seção transversal, a área da seção transversal e a descarga do rio. Todos esses parâmetros foram determinados no quarto ponto de coleta, ou seja, onde o igarapé deságua no rio principal (Tibiri). As determinações do pH, condutividade e da temperatura foram realizadas com o aparelho CONSORT, em todos os pontos amostrados.

### 3.1.5 Análises laboratoriais

Foram determinados os teores dos metais pesados, Chumbo (Pb) Mercúrio (Hg), Zinco (Zn), Ferro (Fe) Cobre (Cu), Níquel (Ni) e Cádmiio (Cd).

O processo de extração e/ou pré-concentração das amostras, foi realizado via Extração em Fase Sólida (SPE), onde o objetivo principal foi passar, através de um cartucho, um grande volume de amostra, a fim de aprisionar somente o analito, deixando passar o solvente e os possíveis interferentes. Numa etapa seguinte, elui-se o analito de interesse com pequena quantidade de solvente, de forma que o composto ficasse bem mais concentrado neste extrato que na amostra original. Este tipo de procedimento é muito comum na análise de amostras de interesse em química ambiental, nas quais, usualmente, o analito encontra-se extremamente diluído. Após a etapa de pré-concentração, a amostra possuiu um teor apropriado para serem analisadas pelas técnicas ICP-MS (Espectroscopia por Plasma Induzido) e ICP-OES (Fig. 2).



**Figura 2** - Etapas envolvidas no processo de extração e pré-concentração das amostras

Fonte: Eduardo Campos.

Os níveis de oxigênio dissolvido na água foram feitos mediante o método de Winkler modificado pela azida sódica (CETESB, 1978) que consistiu nas seguintes etapas: 1 – Fixação do oxigênio da amostra, que foi realizada imediatamente após a coleta, evitando-se alterações na concentração do oxigênio. Sendo usado como fixador solução de sulfato manganoso e solução alcalina azida sódica, essa reação se processa em meio altamente alcalino. 2 – Liberação do iodo, processo resultante da adição do ácido sulfúrico concentrado, que dissolve o precipitado pela acidificação e oxida os íons iodeto e iodo, desenvolvendo uma coloração amarelo-ouro. Sua intensidade é proporcional à concentração de oxigênio dissolvido presente na mesma. 3 – Análise e titulação do iodo liberado com uma solução de tiosulfato de sódio com normalidade conhecida. Após o desenvolvimento das etapas citadas no item anterior, foi calculada a concentração de oxigênio dissolvido utilizando a seguinte equação:

$$\text{OD .mg /L} = \frac{V_1 \times N \times 8 \times 1.000}{V_2 \frac{(V \text{ frasco} - 4)}{V \text{ frasco}}}$$

Em que:

$V_1$  = Volume da solução do tiosulfato de sódio gasto na titulação

$V_2$  = Volume da amostra titulada (100 mL).

N = Normalidade da solução de tiosulfato de sódio

4 = Volume das soluções utilizadas na fixação da amostras

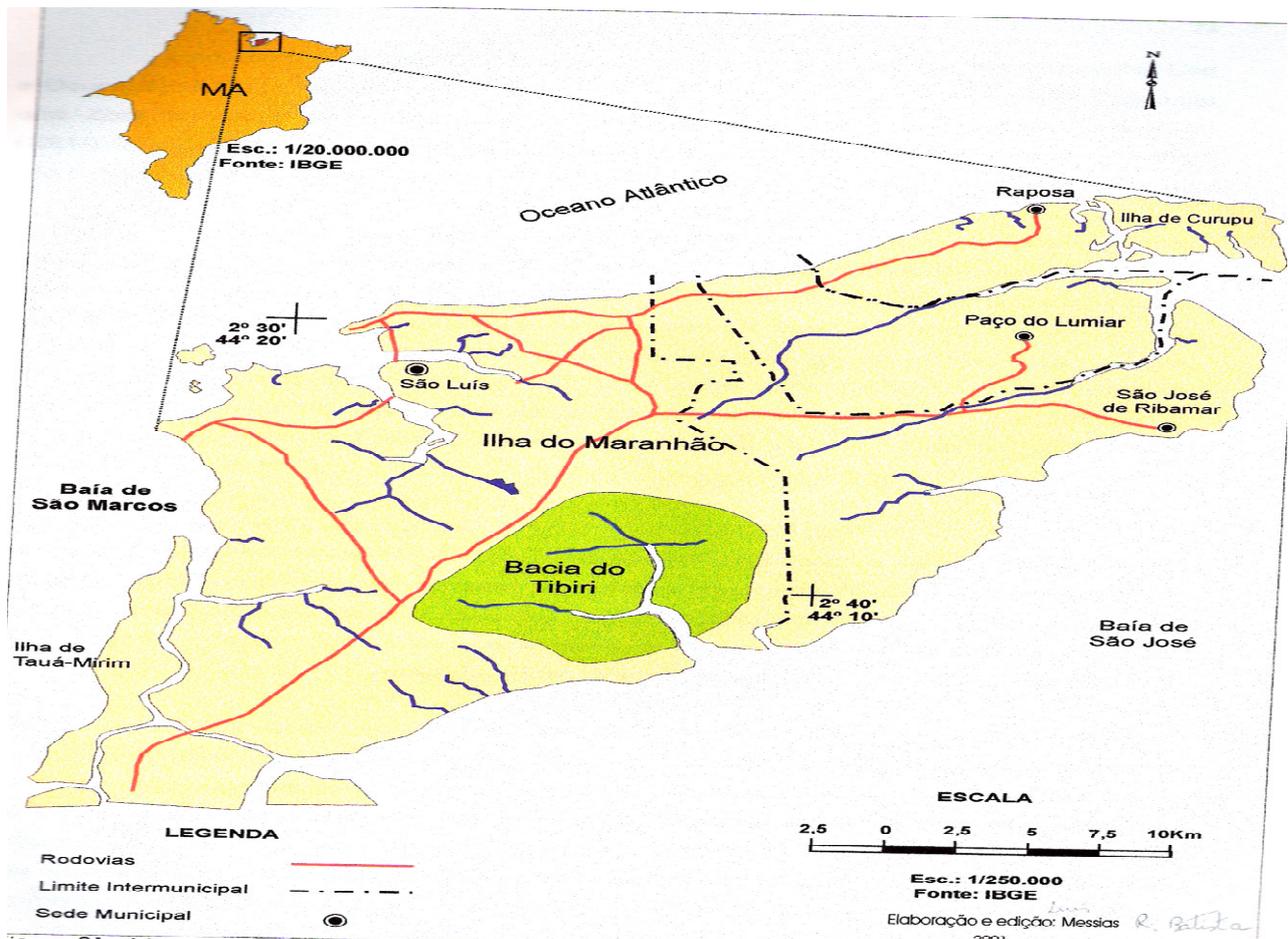
A DBO5 na água foi realizada pelo método da diluição e incubação (200C, 5 dias), que foi adaptado a dois tipos de amostras a saber: Método A: da incubação sem diluição – aplicou-se as amostras pouco poluídas, que continham microrganismos próprios e oxigênio suficiente para que, após 5 dias de incubação, ainda houvesse oxigênio nas amostras. Método B: a incubação com diluição – aplicou-se a amostras, que continham organismos próprios, porém não tem oxigênio suficiente para que, após 5 dia de incubação, ainda houvesse oxigênio dissolvido na amostra. As amostras da água foram coletadas nos pontos de 0 a 4, no Igarapé do Sabino.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização do ecossistema aquático estudado

Foi feito um levantamento dos dados da literatura, a fim de caracterizar o ecossistema aquático em estudo, em termos de localização geográfica, geologia, geomorfologia, hidrografia, clima, vegetação e seu solo.

O Igarapé do Sabino é um afluente da margem direita do rio Tibiri. A Bacia do rio Tibiri localiza-se no Município de São Luís-Ma, na parte sudeste da Ilha do Maranhão, entre as coordenadas 02° 35' e 02° 43' Sul e 44° 10' e 44° 18' W de Greenwich. Limita-se a leste com a bacia do rio Tijupá e a bacia do rio Jeniparana; a Oeste com o Distrito Industrial de São Luís; ao norte com o Aeroporto Marechal Cunha Machado e o Parque de Exposição Agropecuária, e ao sul com a baía de São José, onde deságua. A Fig. 3 apresenta um mapa de localização da Bacia do Tibiri.



**Figura 3** – Localização da Bacia do Tibiri

Fonte: IBGE adaptado por Silva (2001).

Geologicamente, a ilha do Maranhão, onde está situado o ecossistema em estudo, pertence à bacia sedimentar de São Luís. Segundo Rodrigues et al. (1994), a bacia de São Luís é limitada ao sul pelo arco Ferrer – Urbano Santos e ao norte, por falhamentos com rejeitos de 2000 a 4000 m; a oeste, tem-se o arco de Tocantins, e a leste, o alto Rosário, ou o chamado *horst* de Rosário, por Schobbenhaus et al. (1984).

Segundo Rodrigues et al.(1994), a bacia de São Luís ocupa aproximadamente uma área de 33.000 km<sup>2</sup>. Supõe-se que 4.500 m de sedimentos foram acumulados, sendo que destes, 2.500m, são do Mesozóico (Cretáceo) e do Cenozóico; assim, afloram nessa bacia, apenas rochas sedimentares.

Na referida bacia sedimentar predomina afloramentos de rochas da Formação Itapecuru, do Cretáceo Superior, de da Série Barreiras, do Terciário. É uma área sedimentar situada na Região Norte do estado do Maranhão, a oeste da Bacia de Barreirinhas, abrangendo as terras emersas da Baixada Maranhense e parte das submersas, que constituem o seu prolongamento para o norte (FEITOSA, 1998).

Geomorfologicamente, a área em estudo está inserida na feição geomórfica “Golfão Maranhense”, com superfície de aplainamento Paraguaçu, constituindo-se, portanto, em uma área predominantemente colmatada, com presença de manguezais.

De acordo com o Projeto RADAM BRASIL (*apud* RODRIGUES et al., 1994), a Planície Flúvio-Marinha do Golfão Maranhense é caracterizada por uma área rebaixada e alagada dos estuários afogados dos rios Munim, Itapecuru, Mearim e Pindaré, englobando a planície flúvio-marinha de Perizes. Com a ilha do Maranhão ao centro, a Planície do Golfão Maranhense apresenta numerosas lagoas fluviais, extensas várzeas inundáveis, áreas colmatadas e um sistema hidrográfico divagante e “labiríntico”. Nas embocaduras nos fundos das bocas e nas ilhas ocorrem os manguezais (RODRIGUES et al., 1994).

Segundo Maranhão (*apud* MACEDO, 2003), a ilha do Maranhão dispõe de importantes bacias hidrográficas, tais como: bacias dos rios Anil, Bacanga, Paciência, Tibiri, Cachorros, todas localizadas no município de São Luís, com uma área de drenagem de 25.000 ha; bacias dos rios Antônio Esteves e Cururu, em Paço do Lumiar, e a bacia do rio Jeniparana, em São José de Ribamar.

Os rios Anil e Bacanga, na sua maior parte, são “braços de mar” alimentados pelo fluxo de marés da baía de São Marcos. Seus regimes hidrológicos, no período de estiagem, são quase que inteiramente vinculados ao fluxo destas marés, com poucas contribuições relevantes de montante. Na época das chuvas, as vazões aumentam, mas pouco se estendem

além dos períodos de precipitação e provocam oscilações nos níveis d'água do canal apenas em regiões de montante (MARANHÃO, 2004).

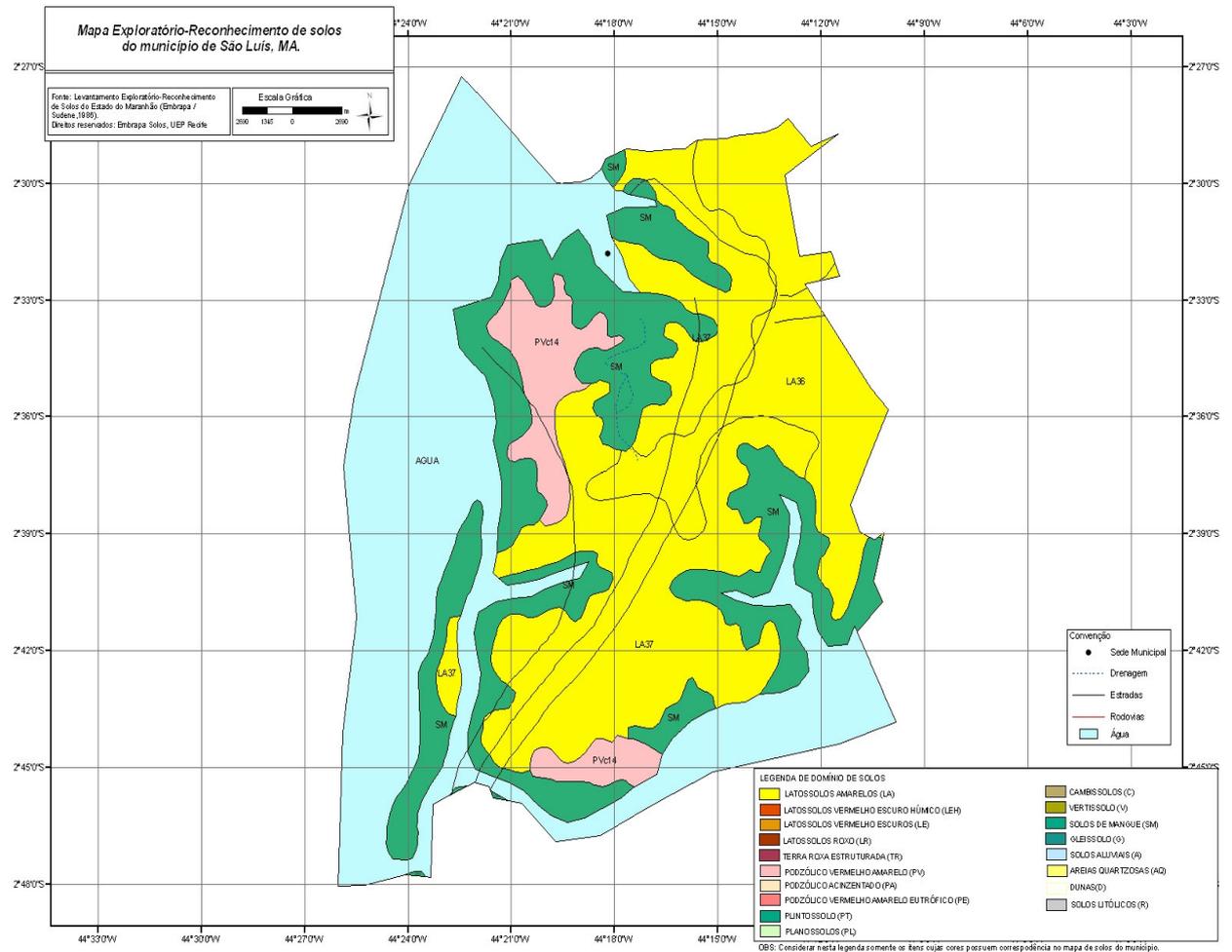
O Igarapé do Sabino não foge a essa realidade, pois faz parte da Bacia Hidrográfica do Tibiri que, assim como a Bacia dos rios Anil e Bacanga, é também alimentada pelo fluxo de maré.

O clima do Golfão Maranhense é caracterizado, pelo IBGE, como sendo quente semi-úmido tropical de zona equatorial (RODRIGUES et al., 1994). Segundo Nimer (1989), o regime sazonal climático do Golfão é direcionado por dois principais sistemas atmosféricos: os de circulação perturbada de N e o de circulação perturbada de W, os quais são geradores de instabilidades e chuva: a posição desses sistemas durante o ano reflete as características dos regimes de chuvas na área. Assim sendo, os totais pluviométricos distribuem-se de forma decrescente, no sentido noroeste-sudeste, em consequência da orientação dos sistemas de circulação, e indicam a existência de duas estações distintas: a estação úmida ou chuvosa, que vai de janeiro a junho, e a estação seca, de julho a dezembro. No final do período chuvoso (fim de junho), a região entra na zona de influência dos alísios de SE, dando início à estação seca.

A vegetação predominante na Sub-bacia do Sabino é o Manguezal. O mangue é uma formação vegetal constituída de poucas espécies que aparecem nos trechos dos cursos de água sujeitos às influências das marés. É a única formação vegetal que se estabelece nos solos indiscriminados de Mangue, em virtude das condições severas de alto teor salino, escassez de oxigênio e excesso de água. De acordo com Cascon (1999), os manguezais constituem ecossistemas formados por vegetação tipicamente halófitas que se desenvolvem na zona litorânea, em regiões de costa protegida e banhada pelas marés, em substrato lamacento, margeando estuários, lagos e baías, sendo exclusivamente de regiões tropicais e subtropicais.

A área de estudo é composta, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), principalmente, pelos seguintes tipos de solos: Latossolo amarelo e Solo de mangue, como pode ser visto na Fig. 4. Os solos de mangue são gleizados, muito mal drenados, com altos teores de sais provenientes da água do mar e de compostos de enxofre, que se formam nas áreas sedimentares baixas e alagadas onde ocorre acúmulo de matéria orgânica. Dessa forma boa parte dos poluentes oriundos do Aterro da Ribeira devem ficar retidos nos solos argilosos do mangue, contaminando a fauna e a flora desse ambiente. O Latossolo amarelo é originado de sedimentos da Formação Barreiras do Terciário, sendo encontrado na zona denominada Tabuleiros Costeiros, com relevo plano e suave ondulado, caracterizado por possuir horizonte B latossólico, de coloração amarela e transições graduais

ou difusas entre seus horizontes. São solos profundos, de baixa fertilidade natural, baixa saturação de bases e ácidos a fortemente ácidos. O teor de argila no horizonte B pode variar de 15 a 35%, com predominância de minerais, principalmente do grupo caulinita (MARANHÃO, 2004). Nos Latossolos, em função de suas características, pode-se aferir que o líquido percolado oriundo do Aterro se infiltra e percola contaminado tanto o solo como o lençol freático.



**Figura 4** – Mapa de solos de parte da Ilha do Maranhão

Fonte: EMBRAPA/SUDENE (1986).

## 4.2 Uso e ocupação do solo

Segundo Silva (2001), o uso e a ocupação do solo na Bacia do Tibiri possuem as seguintes categorias: área de ocupação, área Jurisdicional, área Institucional, área Restrita a Ocupação, área de Expansão, e área de Aproveitamento Econômico.

Utiliza-se, nesse trabalho, o termo Sub-bacia do Sabino, para definir a área de estudo (CAMPOS, 2007). Segundo Faustino (1996), uma Sub-bacia é toda área menor que 100 km<sup>2</sup> com drenagem direta ao curso principal da bacia.

A Sub-bacia do Sabino que faz parte da Bacia do Tibiri, possui uso e cobertura do solo dividido nas categorias abaixo (IBGE *apud* SILVA, 2001):

**\* Área Jurisdicional**

- Distrito Industrial
- Aterro Sanitário

**\* Área Restrita a Ocupação**

- Manguezais

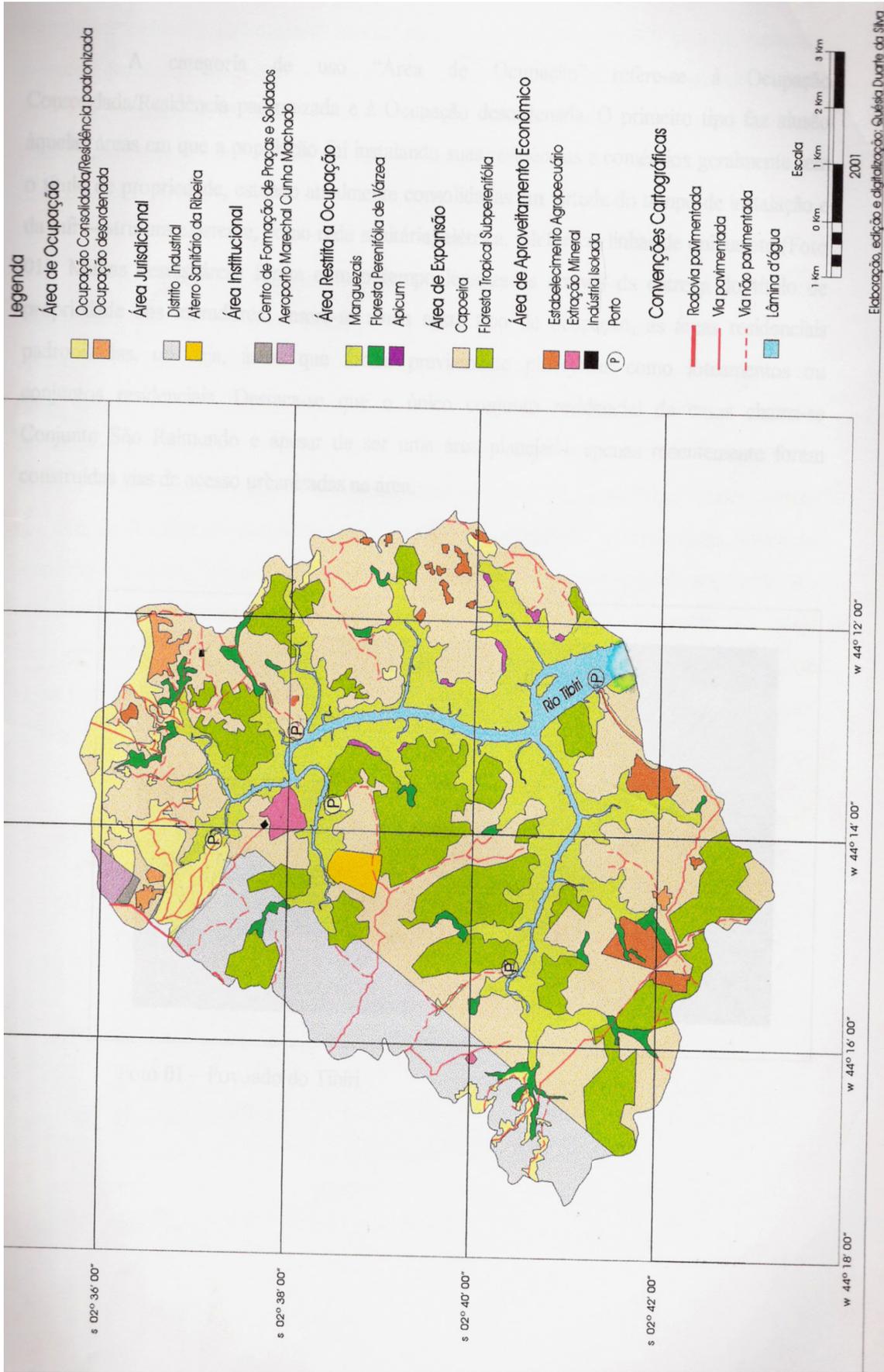
**\* Área de Expansão**

- Capoeira
- Floresta Tropical Subperenifólia

**\* Área de Aproveitamento Econômico**

- Indústria Isolada
- Extração Mineral

A Fig. 5 mostra essas áreas de ocupação, distribuídas na região estudada.



**Figura 5** – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do rio Tibiri

Fonte: IBGE adaptado por Silva (2001).

Com respeito à categoria de uso Jurisdicional, a mesma refere-se ao Distrito Industrial de São Luís e ao Aterro da Ribeira. O Distrito Industrial de São Luís está localizado nas nascentes da Sub-bacia do Sabino e possui uma área legal de 199,43 km<sup>2</sup>. Encontra-se jurisdicionado através do Decreto Federal nº. 66.227/70 e Lei Estadual nº. 7.632/80 (FERREIRA & TROVÃO, 1998).

O distrito é composto por quinze módulos, dois deles localizados na área da Sub-bacia, os módulos A e B. De acordo com Ferreira e Trovão (1998), destinam-se a estes módulos, as indústrias de micro, pequeno e médio portes, serviços de natureza coletiva e unidades diversas com fins de apoio a agrupamentos industriais.

Levando em consideração a presença deste distrito industrial legalmente instalado, torna-se evidente a presença de poluentes na área, principalmente quando os órgãos responsáveis por tal controle não se mostram eficientes, no sentido de tentar diminuir os impactos ambientais ali existentes.

Segundo Carneiro (1991) a área do Aterro Municipal da Ribeira é de 0,62 km<sup>2</sup>, e localiza-se no quadrante sudoeste da Ilha do Maranhão, entre o Igarapé da Ribeira (Igarapé do Sabino) e o Módulo I do Distrito Industrial (DI), a cerca de 20km do perímetro urbano da cidade de São Luís, tendo as seguintes coordenadas: Latitude – 02° 38’ S, Longitude – 44° 14’ W. A escolha do local para a instalação deste aterro deu-se, na época, em função do seu isolamento em relação às áreas habitadas da cidade. Observando o Mapa de Uso e Ocupação do Solo na Fig. 5, constata-se a veracidade deste fato; entretanto o Aterro localiza-se no curso superior da Sub-bacia do Sabino, e este fato tem causado vários problemas sócio-ambientais.

Na área do Aterro da Ribeira existem os seguintes solos: solos de mangues, constituído por sedimentos recentes não consolidados, compostos de materiais finos agregados à matéria orgânica detrítica de atividade biológica da fauna e da flora residentes; solos concrecionários lateríticos, latossolos vermelhos, amarelo e areias quartizozas; - solos hidromórficos, que englobam os solos glei, halomórficos, isto é, salinos e alcalinos, inclusive os de mangues e os *solochaks*, até de solos pouco desenvolvidos em aluviões e terrenos alagados (CARNEIRO, 1991).

Segundo a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) e o Ministério Público, em 09 de julho de 1991, o Diretor Presidente da Companhia de Limpeza e Serviços Urbanos (COLISEU), solicitou à Secretaria de Estado de Meio Ambiente a concessão de licença prévia para a instalação de atividade de saneamento básico na localidade chamada “Ribeira” próximo ao Distrito Industrial.

Entre os documentos que acompanhavam o requerimento, constava o ofício nº 466/91, do então Prefeito, o Dr. Jackson Lago, solicitando o parecer sobre a implantação do Aterro da Ribeira. Além desse, foram apresentados outros documentos, contendo inclusive relatórios de sondagem a percussão, realizados na área escolhida para construção do Aterro.

Com base em tais documentos, foi emitido o parecer técnico de funcionários da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, no qual foi sugerida a concessão da Licença Prévia de fls. 098/099, em que foi prevista a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto do Meio Ambiente (RIMA) como condição para a concessão da Licença de Instalação.

Nessa fase, ocorreu o primeiro vício de licenciamento, conforme Barreto Junior (1997), pois em flagrante contradição à legislação ambiental, o EIA/RIMA foi apresentado após a expedição da licença prévia.

O EIA só se justifica quando preliminar ao ato de licenciamento. Do contrário, não se cumpre o princípio da prevenção. Um EIA não cumprirá suas finalidades se, ao ser elaborado pelo órgão, ocorrer tão tardiamente no processo decisório que compromissos com o projeto em questão já tenham sido feitos e sejam irreversíveis (BENJAMIN, 2007, p.15).

Se não bastasse o ocorrido, o EIA/RIMA não foi elaborado por uma equipe multidisciplinar, tal como expressamente prevê a legislação. Também não constava o registro do Dr. Pedro Aurélio da Silva Carneiro no Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), e tampouco o seu contrato de prestação de serviços com a COLISEU, para a realização do EIA/RIMA.

Dever-se-á buscar a presença de vários especialistas nas matérias a serem abordadas no estudo. Por isso exigiu-se a multidisciplinaridade dos componentes. Seria falsear essa exigência o predomínio de uma determinada especialidade na equipe, com lacunas sensíveis em campos do conhecimento necessários a serem abordados (MACHADO, 1983, p.154).

Com a inexistência de uma equipe multidisciplinar na apresentação do EIA/RIMA, foi impossível prever a migração dos urubus para as proximidades do cone de pouso de decolagem do aeroporto, pois este era um impacto ambiental a ser previsto por biólogos e especialistas em navegação aérea.

De acordo com a Curadoria do Meio Ambiente, foi observado que o autor do EIA/RIMA coincidentemente tornou-se, mais tarde, o consultor do Aterro, o que evidencia a existência de uma relação de dependência entre ele e o proponente do projeto. Tal fato constitui-se em mais uma violação da norma legal.

A independência técnica deve ser total, não se admitindo vínculos entre esta e o proponente do projeto. Tal vínculo não precisa ser explícito cabal. O que se pretende é afastar qualquer parcialidade da técnica, qualquer suspeita, qualquer promiscuidade (ANTUNES, 1995, p. 176).

Em 21 de fevereiro de 1995, através da Licença de Operação nº 023-95, iniciaram-se as atividades no Aterro da Ribeira. No entanto, com o decorrer dos anos, a concepção inicial de operação de um Aterro Sanitário foi comprometida pelo destino desordenado sem qualquer controle operacional.

Em relação à categoria de uso restrita à ocupação, a mesma refere-se às áreas com usos definidos e regulamentados, tendo em vista as suas características físicas, visando a manter o equilíbrio ambiental da área. Os tipos de ocupação inseridos nesta categoria são os Manguezais, a Floresta Perenifólia de várzea e o apicum.

Os manguezais, a floresta perenifólia de várzea e o apicum foram definidos como Área Restrita à Ocupação, em virtude das legislações municipal, estadual e federal, que estabeleceram medidas para proteção destas áreas. A Lei Estadual nº 5.405, de 08/04/1992, afirma, no Capítulo IV, Seção I, Artigo 54, que os manguezais e a faixa marginal dos rios ou de qualquer curso d'água são considerados como áreas de preservação permanente (MARANHÃO, 1992). A Lei Municipal nº 3.253 de 29/12/1992, que dispõe sobre zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo urbano, afirma, no seu Artigo 81, que as áreas de terra firme e de proteção às bacias hidrográficas, lagos, lagoas, mangues, igarapés, rios e outras áreas inundáveis por marés, com uma faixa externa de 50 metros a partir de suas margens, são consideradas como zonas de proteção ambiental (MARANHÃO, 1993).

Segundo Ferreira e Trovão (1998), a categoria expansão é caracterizada pela ausência ou falta de previsão quanto à ocupação, servindo como reserva de expansão. Desta forma, destacam-se a cobertura vegetal Capoeira e a Floresta Tropical Subperenifólia.

A respeito da categoria aproveitamento econômico, destacam-se os seguintes usos: extração mineral e indústria isolada. Na extração mineral, destaca-se a extração de piçarra, atividade que se encontra em situação judicial ilegal na sub-bacia. Salienta-se a importância desta atividade informal para os povoados instalados na sub-bacia, uma vez que parte da população utiliza o material destas áreas para a construção de suas casas.

Tem-se conhecimento da existência de uma indústria na sub-bacia; esta encontra-se localizada fora da área legal do distrito, sendo assim considerada uma indústria isolada. Esta indústria é o Matadouro Industrial, que se localiza na margem esquerda da sub-bacia. Tal indústria encontra-se, hoje, desativada.

### 4.3 Morfometria da Sub-bacia do Sabino

A análise morfométrica, além de possibilitar inferências sobre as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas das bacias de drenagem, pode servir também como parâmetro para o planejamento do uso e ocupação do solo, pois através dos índices verificados podemos estabelecer níveis de fragilidades e com isso adequar os projetos de parcelamento do solo as características físicas da área.

A base de dados e as análises foram geradas utilizando a carta topográfica do DSG/ME, de 1980, na escala de 1:10000, através do Sistema de Informações Geográficas e dos softwares Cartalinx – UNTITLED.LNX e ArcVIEW, versão 3.2.

De posse da delimitação da área da Sub-bacia, foram observadas diferentes características físicas, tais como: área da bacia, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, ordem dos cursos d'água e elaboração de mapas da declividade, drenagem e altitude.

A seguir, tem-se uma discussão mais detalhada sobre cada um desses parâmetros.

#### 4.3.1 Coeficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à bacia. De acordo com Villela e Matos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu  $K_c$  for mais próximo da unidade. O  $K_c$  foi determinado baseado na seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Sendo:  $K_c$  = coeficiente de compacidade;  $P$  = perímetro (m), e  $A$  = área de drenagem ( $m^2$ ).

O coeficiente de compacidade da Sub-bacia do Sabino é de 1,3682. Dessa forma, pode-se afirmar que a Sub-bacia mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições

normais de precipitação, isto é, excluindo-se eventos de intensidade anormais, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade.

#### 4.3.2 Fator de forma

O Fator de Forma (F) tem como objetivo relacionar a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão).

A forma da bacia, bem como a forma do sistema de drenagem, pode ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia. Podem atuar também sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia. Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior. O fator de forma foi determinado utilizando-se a seguinte equação:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Sendo: o F = fator de forma; A = área de drenagem (m<sup>2</sup>), e L = comprimento do eixo da bacia (m).

O fator de forma da Sub-bacia do Sabino foi calculado em 0,4080. Assim, a bacia possui o valor de F baixo, confirmando com o coeficiente de compacidade que a bacia não está suscetível a enchentes.

#### 4.3.3 Índice de circularidade

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade, à medida que a bacia aproxima-se da forma circular, e diminui à medida que a forma torna-se alongada. Para o cálculo deste índice, utilizou-se a seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

Sendo: IC = índice de circularidade; A = área de drenagem (m<sup>2</sup>), e P = perímetro (m).

A Sub-bacia do Sabino possui 0,5263 de índice de circularidade: assim, há uma indicação de que a Sub-bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência à forma alongada. Em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal. Daí, uma cidade localizada na saída de uma bacia hidrográfica arredondada corre maior risco de inundações.

Foi possível constatar que tanto o Coeficiente de Compacidade, a Fator de Forma e o Índice de Circularidade, vem indicar que a Sub-bacia não é suscetível a enchentes. Este resultado é importante, tanto para o ecossistema aquático como para população que ocupa a área da Sub-bacia, pois se ocorressem enchentes periódicas, mais sedimentos e compostos orgânicos e inorgânicos seriam carregados para o canal principal, causando mais poluição no ecossistema em estudo.

É interessante ressaltar que a Sub-bacia não está suscetível a enchentes provocadas por precipitações pluviométricas, mas em função da dinâmica de maré que existe na área, a mesma está suscetível a enchentes provocadas pelas marés de sizígias, a que pode lixiviar grande quantidade de chorume para o canal principal.

#### 4.3.4 Ordem hierárquica

Segundo C. Netto e Avelar (1996), os canais de drenagem existentes em uma bacia constituem-se a base de hierarquização do sistema. A ordem hierárquica de canais, ou hierarquia fluvial, pode ser quantificada segundo critérios variados, estabelecidos por diversos autores. Neste trabalho, utilizou-se a metodologia de Strahler (1957), em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem; os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem; os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001). A junção de um canal de dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

Assim sendo, o índice ordem dos cursos d'água, considerando todos os canais, intermitentes e perenes, caracterizou a Sub-bacia do Sabino como sendo de Quarta Ordem. A quantidade de canais por ordem hierárquica pode ser vista na Tab. 1.

**Tabela 1** – Hierarquia fluvial da Sub-bacia do Sabino

Parâmetros Morfométricos	Hierarquia Fluvial	Valores
Hierarquia Fluvial	1ª ordem	65 canais
	2ª ordem	11 canais
	3ª ordem	4 canais
	4ª ordem	1 canal

Fonte: Dados da drenagem do DGE (MARANHÃO, 2007).

#### 4.3.5 Densidade de drenagem

O sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários. O estudo da densidade de drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica; sendo assim, este índice indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (sejam eles perenes, intermitentes ou temporários) e a área total da bacia.

O índice foi determinado utilizando a equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Sendo: Dd = densidade de drenagem (km/Km<sup>2</sup>); Lt = comprimento total de todos os canais (km), e A = área de drenagem (km<sup>2</sup>).

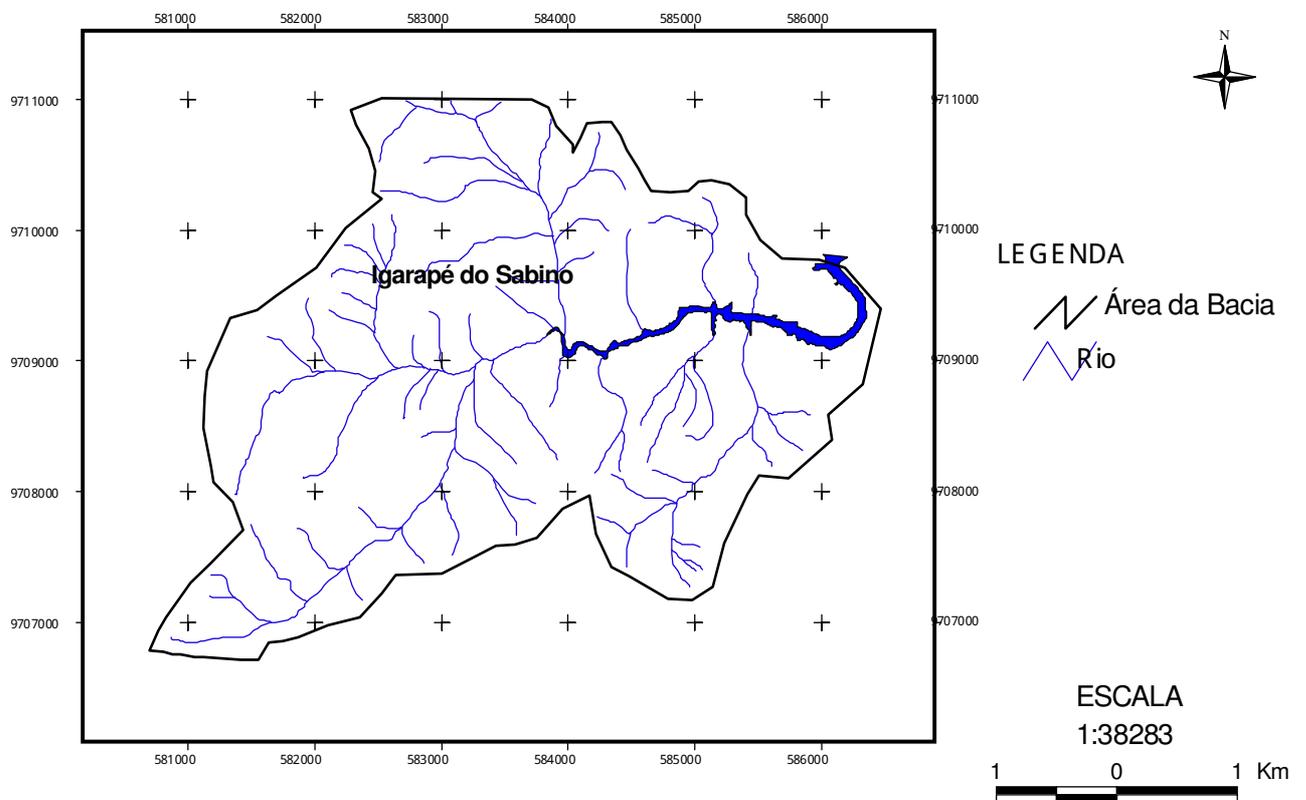
A densidade de drenagem encontrada na Sub-bacia hidrográfica do Sabino foi de 2,86 km/km<sup>2</sup>. De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup>, em bacia com drenagem pobre, a 3,5 km/km<sup>2</sup> (ou mais), em bacias bem drenadas. A Sub-bacia em estudo possui média capacidade de drenagem.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia. Esses valores ajudam substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica.

Quanto ao critério geométrico da disposição fluvial sem nenhum sentido genético, o padrão de drenagem da sub-bacia do Sabino é dentrítica, pois assemelha-se a configuração de uma árvore, refletindo a presença de estruturas sedimentares horizontais (CRISTOFOLETTI, 1980).

Conforme salienta Pena (1964 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980), a drenagem encontra-se íntima e especialmente relacionada, como fator analítico, com outro elemento fisiográfico e geomorfológico de extrema importância: a erosão. Nesta perspectiva, os índices e padrões morfométricos analisados possibilita-nos compreender melhor a dinâmica do escoamento das águas superficiais, principal agente erosivo da sub-bacia.

Através do Mapa da Drenagem (Fig. 6) e da análise dos dados, podemos inferir sobre a suscetibilidade à contaminação das águas. De acordo com Carlston (1963 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980), a transmissibilidade (medida da permeabilidade do terreno) aumenta quando a densidade de drenagem diminui. Deste modo, a Sub-bacia do Sabino, por apresentar média densidade de drenagem e conseqüentemente média transmissibilidade, possui média suscetibilidade à erosão e médio potencial dispersor na contaminação nas águas superficiais. Mas esses fatores podem ser influenciados e alterados pelo uso e ocupação desordenada da sub-bacia. Como visto da Fig. 5, além do Aterro da Ribeira, que é o principal poluidor do Igarapé do Sabino, temos a extração mineral e o Distrito Industrial que se localiza nas nascentes da Sub-bacia do Sabino.



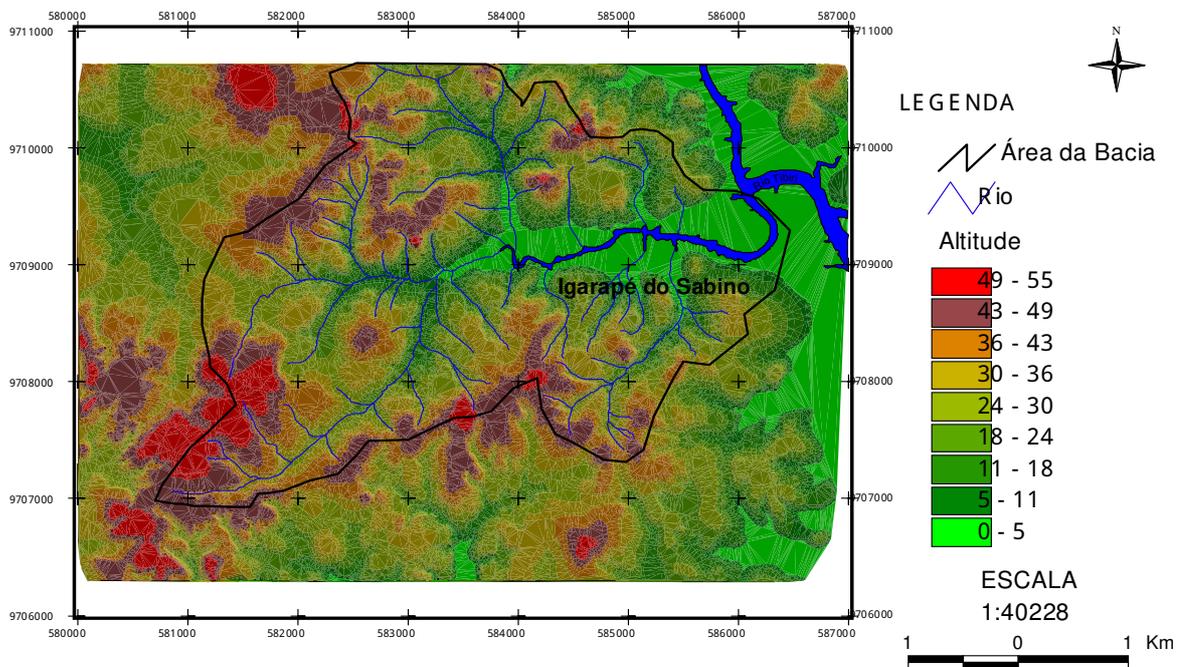
**Figura 6** - Mapa de drenagem da Sub-bacia do Sabino

Fonte: Dados da pesquisa adaptado de ZEE (MARANHÃO, 2007).

#### 4.3.6 Hipsometria da Sub-bacia do Sabino

De acordo com Castro Jr. (2001), em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada para a evaporação da água, tendo uma perda de água maior que em altitudes elevadas.

A partir da observação do Mapa Hipsométrico da Sub-bacia do Sabino (Fig. 7), verifica-se que as altitudes de 0 a 5 metros acompanham a linha de drenagem onde se encontra a maior parte dos manguezais com substratos limoargilosos (vaza) inundáveis pelas marés; já nas altitudes de 5 a 11 metros, encontramos várzeas colmatadas com vegetação polúdica típica e solos himiocos de deposição. Essas altitudes apresentam menor escoamento da água superficial e, conseqüentemente, menor suscetibilidade à erosão e maior suscetibilidade à contaminação das águas subterrâneas, devido ao maior potencial de infiltração das águas superficiais. Nas altitudes de 18 a 24, 24 a 30 e 30 a 36, encontram-se colinas recortadas, de baixas altitudes, com topos em platôs acentuados (CARNEIRO, 1991), enquanto que as altitudes que vão de 43 a 49 e de 49 a 55 delimitam a Sub-bacia, dando origem às nascentes dos rios. De acordo com as características do meio físico, estas áreas são menos indicadas para ocupação antrópica, porém são as que possuem os usos do solo mais intensos e impactantes na Sub-bacia.



**Figura 7** – Mapa hipsométrico da Sub-bacia do Sabino

Fonte: Dados da pesquisa adaptado ZEE (MARANHÃO, 2007).

#### 4.3.7 Declividade da Sub-bacia do Sabino

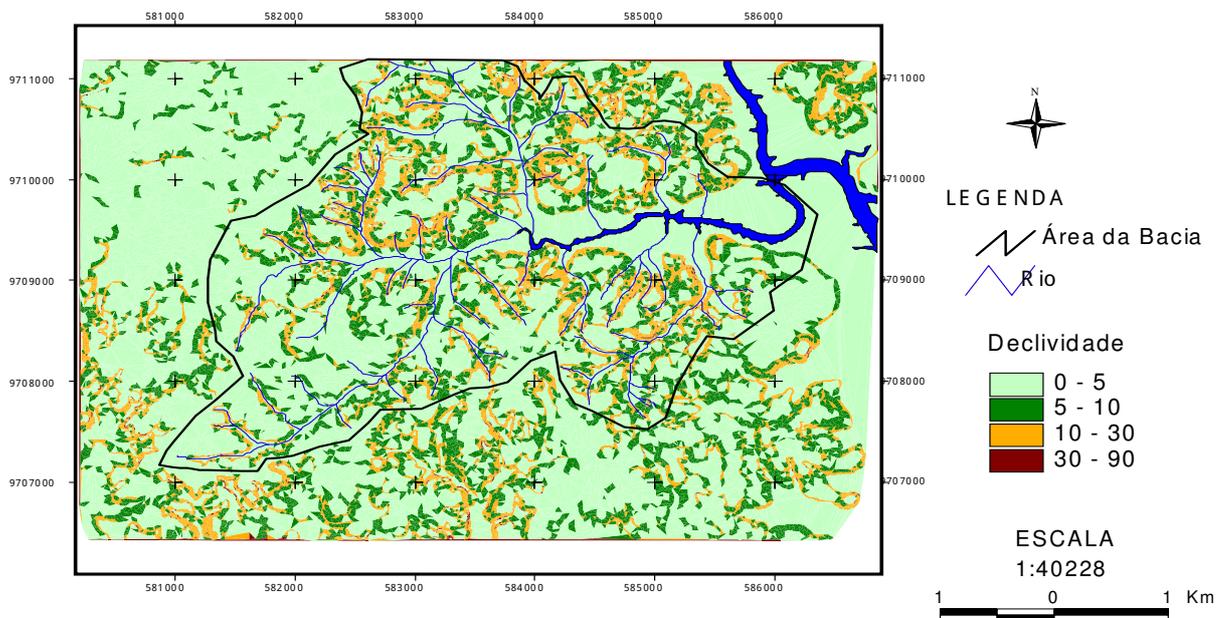
A EMBRAPA classifica a declividade do relevo da seguinte forma:

Declividade	Discriminação
0 - 3	Relevo Plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

**Quadro 2** – Classificação da declividade

Fonte: EMBRAPA (1979).

Pode-se observar, através da Fig. 8, que a maior parte da bacia é composta pelas declividades que vão de 0 a 5 e de 5 a 10, demonstrando, que o relevo está entre plano a suavemente ondulado (EMBRAPA, 1979). As áreas de 10 a 30 e 30 a 90 possuem as maiores declividades, apresentando, com isso, maior escoamento das águas superficiais e, conseqüentemente, maior suscetibilidade à erosão, além de maior potencial dispersor da contaminação das águas superficiais.



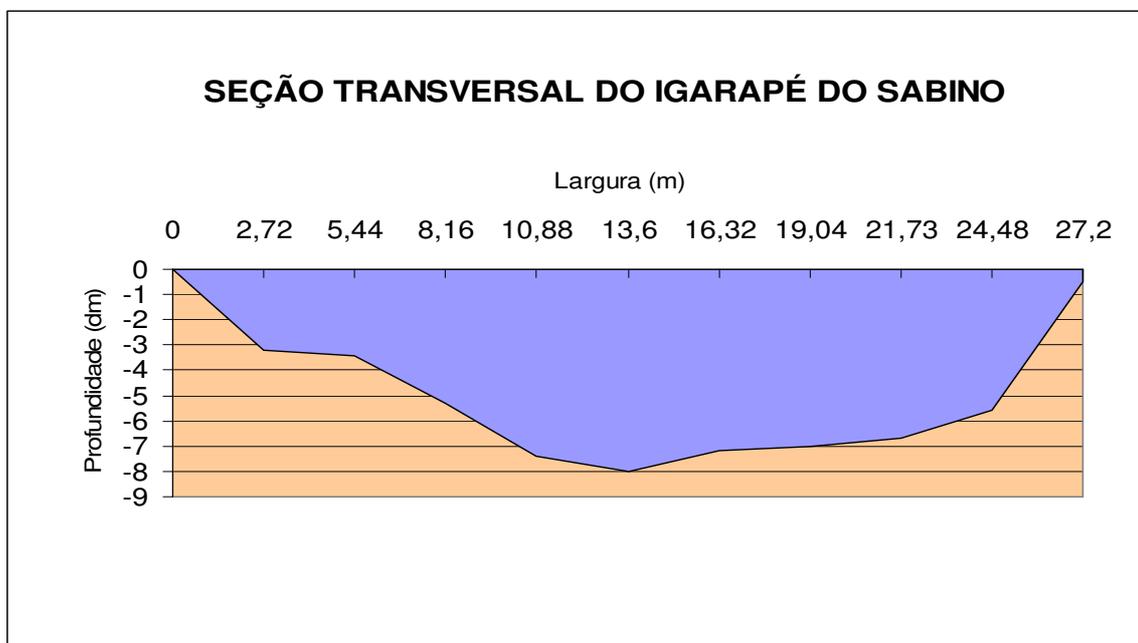
**Figura 8** – Mapa da declividade da Sub-bacia do Sabino

Fonte: Dados da pesquisa adaptado de ZEE (MARANHÃO, 2007).

#### 4.3.8 Área da seção transversal

O Igarapé do Sabino possui uma velocidade média da água de 24,28 m/s, com uma descarga de 35.108,88 m<sup>3</sup>/s; a área de sua seção transversal é de 1.446 m<sup>2</sup>. Ressalta-se que a velocidade média, a descarga e área da seção transversal foram determinadas no quarto ponto de coleta, ou seja, onde o igarapé deságua no rio principal (Tibiri).

A variabilidade da velocidade da corrente em diferentes pontos reflete a natureza diversificada do relevo sobre o qual se instala o leito do rio, que permite acréscimo de oxigênio na água, com influência positiva na autodepuração do rio a jusante, principalmente pelo agente “corrente de maré”, que é muito atuante no baixo curso (Fig. 9).



**Figura 9** – Perfil da Seção Transversal do Igarapé do Sabino

A Tab. 2 fornece um resumo das características físicas da Sub-bacia do Sabino, encontrados através dos estudos realizados em campo.

**Tabela 2** – Características físicas da Sub-bacia hidrográfica do Sabino

<b>Características Físicas</b>	<b>Resultados</b>
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	14,7311
Perímetro (km)	18,7557
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,3682
Fator de Forma (F)	0,4080
Índice de Circularidade (IC)	0,5263
Declividade máxima (%)	30
Declividade mínima (%)	0,0
Altitude máxima (m)	66
Altitude mínima (m)	0,0
Ordem da bacia	4
Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	2,8682
Velocidade média da água (m/s)	24,28
Descarga (m <sup>3</sup> /s)	35.108,88
Área da seção transversal (m <sup>2</sup> )	1.446

#### 4.4 Contaminação e poluição da massa líquida e a ameaça à biodiversidade

##### 4.4.1 Avaliação dos parâmetros pH, OD, T, Condutividade e DBO<sub>5</sub>

Os principais componentes – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza antrópica, afetando os ecossistemas como um todo. Nesses compartimentos naturais – bacias hidrográficas -, os recursos hídricos constituem indicadores das condições dos ecossistemas, no que se refere aos efeitos do equilíbrio das interações dos respectivos componentes (SOUZA et al., 2002).

Os principais parâmetros físico-químicos que definem a qualidade da água são: Cor, Sabor e Odor, Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Metais Pesados, Temperatura, Condutividade, Salinidade, Resíduos Sólidos entre outros.

Neste trabalho, uma atenção especial será dada aos parâmetros que foram utilizados na pesquisa de campo: Temperatura, DBO<sub>5</sub>, Condutividade, Oxigênio Dissolvido e pH.

Com o objetivo de avaliar a qualidade da água, foi realizado um monitoramento no canal principal da Sub-bacia do Sabino (que recebe os efluentes do Aterro da Ribeira). A água foi coletada em quatro pontos (Fig. 1) no período correspondente entre os meses de fevereiro/2006 a janeiro/2007, totalizando um ano de estudo da presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos no Igarapé do Sabino.

Observou-se forte interação entre a tipologia do solo e sua influência na degradação ambiental, além de uma grande quantidade de chorume produzido pelo lixo do Aterro da Ribeira, este chorume é lançado continuamente no Igarapé do Sabino (Anexo A, fotos de 1 a 3).

O sumeiro ou chorume é o líquido, produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, que tem como características a cor escura, o mau cheiro e a elevada DBO (ABNT, 1985). A composição físico-química do chorume é extremamente variável e depende de fatores que vão desde as condições pluviométricas locais, o tempo de disposição e as características do próprio lixo. O chorume pode conter altas concentrações de sólidos suspensos, metais pesados e compostos orgânicos originados da degradação de substâncias que são metabolizadas, tais como carboidratos, proteínas e gorduras (GALVÃO, 2003).

O chorume, somado com a ação da água das chuvas, encarrega-se de lixiviar compostos orgânicos presentes nos aterros sanitários para o meio ambiente. Esse líquido pode atingir os lençóis freáticos, poluindo o recurso natural. A elevada carga orgânica presente no chorume faz com que ele seja extremamente poluente e danoso às regiões por ele atingidas. O chorume produzido pelos resíduos sólidos pode contaminar a água por matéria orgânica ou metais pesados, e estes podem ser consumidos pelos peixes (tornando-se cumulativo), e finalmente pelo homem, através da cadeia alimentar.

A maior parte da população ribeirinha do Igarapé do Sabino vive da pesca, utiliza o rio como fonte de alimento e renda (Anexo A, fotos 4 e 5).

Os peixes e mariscos pescados pela população ribeirinha do Igarapé do Sabino podem estar contaminados, tanto com substâncias orgânicas como também inorgânicas, devido ao fato de que grande quantidade de chorume é lançado continuamente nas suas águas.

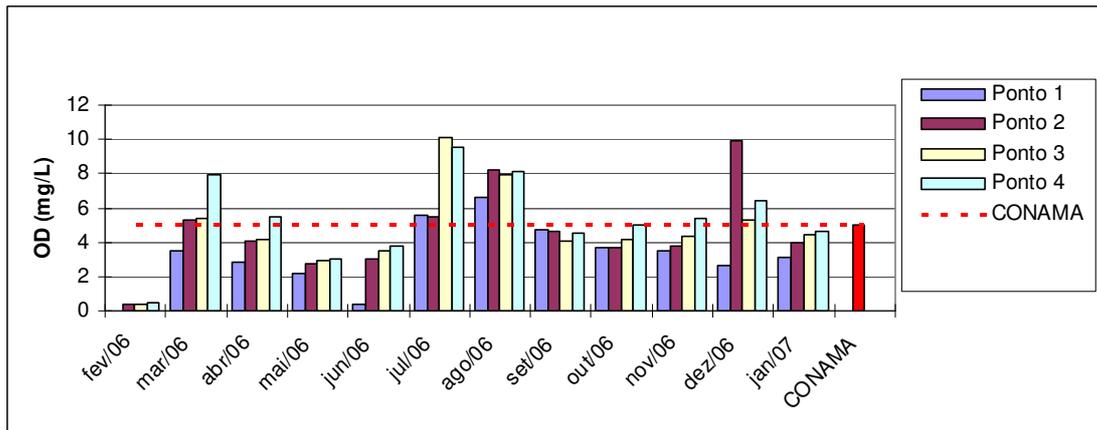
Também foi possível constatar a grande presença de urubus (*Caragy atratus*) na lama e nos mangues do Igarapé do Sabino (Anexo A, fotos 6 e 7). Isso pode afetar, de forma extremamente perigosa, o tráfego aéreo, devido à proximidade do cone de pouso de aeronaves do aeroporto do Tirirical com o Aterro da Ribeira.

O oxigênio dissolvido (OD) e o pH têm sido apontados como as principais variáveis na avaliação dos corpos de água. A determinação do OD proporciona informações sobre as reações bioquímicas e biológicas que ocorrem na água, além de indicar a capacidade dos corpos de água em promover a sua autodepuração. A concentração do oxigênio dissolvido na água varia em função da temperatura, da altitude e da aeração da água. Esses limites são considerados importantes para preservação da vida aquática (CONTE & LEOPOLDO, 2001).

Podemos observar, pela Fig. 9, que, em praticamente todos os meses do ano e principalmente nos períodos mais chuvosos (fevereiro, março, abril, maio e junho), as concentrações de OD na água do Igarapé do Sabino estiveram abaixo do permitido pela resolução do CONAMA de nº. 357, de 17/03/2005, que estabelece o limite mínimo de 5mg/L para águas salobras de Classe 1.

Neste trabalho, foi realizado um comparativo dos resultados encontrados nas análises da água do Igarapé do Sabino com a resolução CONAMA para águas salobras de Classe 1 (Quadro 1). Como não se tem o enquadramento da água do Igarapé por órgão competente, optou-se pela classe 1, pelo fato de que a referida água monitorada é salobra, destinada à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas e à atividade de pesca, sem contar que o Igarapé do Sabino é composto por vegetação de mangue, caracterizando-o como de proteção ambiental.

Os teores de OD estiveram abaixo de 5mg/L, provavelmente em função da grande quantidade de efluentes ricos em matéria orgânica lançados no Igarapé. Estes baixos níveis de OD podem indicar que o ecossistema aquático está eutrofizado, diminuindo, assim, a quantidade da biota nesse ambiente. Em estudos realizados por Naime e Fagundes (2005), no Arroio Portão (RS), foram encontradas concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 2,0 mg/L; isto ocasionou, na época, morte de peixes por asfixia.

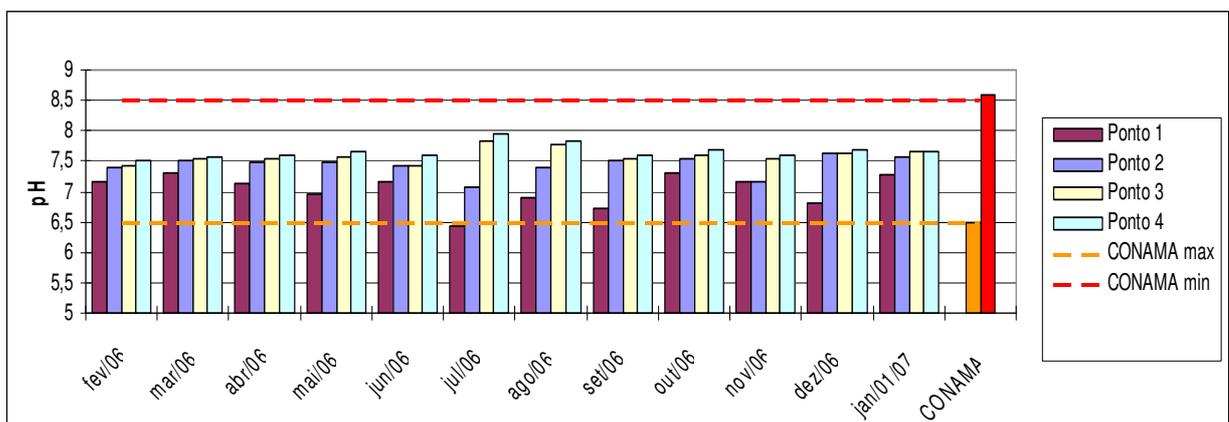


**Figura 10** – Variação do Oxigênio Dissolvido na água, em função da localidade e do tempo.

O potencial hidrogeniônico (pH) indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água, e pode ser resultado de fatores naturais e antrópicos. Valores altos de pH (alcalino) em sistemas hídricos podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico, o que ocasiona a diminuição do ácido carbônico da água e, como consequência, o aumento de pH (VON, 1995).

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente por seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante, uma vez que determinadas condições de pH podem contribuir para precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, além de outras condições que podem exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (MORAES, 2001).

O aumento do pH em direção à foz pode ser observado na Fig. 11. Isso ocorre devido à maior parte dos líquidos percolados do aterro ser despejada mais à montante da foz do Igarapé. Contudo, os valores de pH apresentam-se compatíveis com a legislação CONAMA de nº. 357, de 17/03/2005.



**Figura 11** – Variação do pH da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

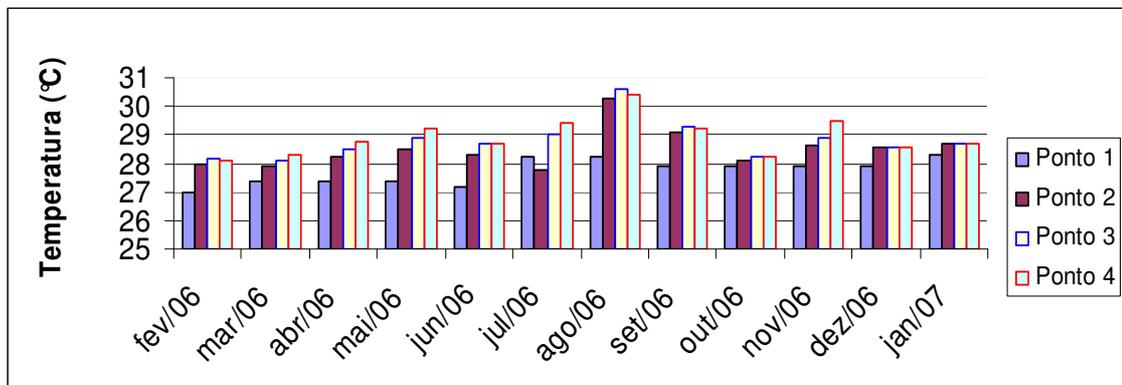
As variações de temperatura que se verificam na água constituem importantes fatores das reações energéticas e ecológicas aplicadas aos recursos hídricos. A temperatura exerce influência direta sobre vários tipos de organismos aquáticos e sobre o teor de gases dissolvidos na água, principalmente o oxigênio e o gás carbônico (BRANCO, 1986).

A temperatura da água foi medida, paulatinamente, no primeiro ponto depois no segundo, terceiro e quarto pontos. As medições da temperatura da água não foram realizadas no mesmo horário (concomitantemente), e sim em horários variados.

Na Fig. 12, observa-se que os dados de temperatura da água apresentaram variações, as quais são conseqüências tanto do regime climático normal quanto das variações sazonais e diurnas, podendo-se observar águas mais frias na região de montante, com a temperatura aumentando progressivamente em direção à foz. Os meses de estiagem foram os que apresentaram as maiores temperaturas.

Como já mencionado, vários tipos de organismos comportam-se diferentemente em relação à temperatura do ambiente. Os seres habitantes de uma massa de água podem, portanto, ser diversamente afetados pelo que se pode chamar de “poluição térmica”, causada pelo lançamento, em um manancial, de despejos, provenientes geralmente de indústrias, aterros, sistemas de refrigeração de motores, entre outros.

Os efeitos do aumento da temperatura podem ser diretos, pela coagulação das proteínas que constituem a matéria orgânica viva, ou indiretos, por intermédio de um aumento da toxicidade de certas substâncias que se encontram dissolvidas na água, pela proliferação de organismos concorrentes (parasitas), pelo aumento da capacidade da água dissolver e reter oxigênio, ao mesmo tempo em que aumenta a atividade fisiológica dos organismos aquáticos, condicionando asfixia dos mesmos (PEREIRA, 2003).

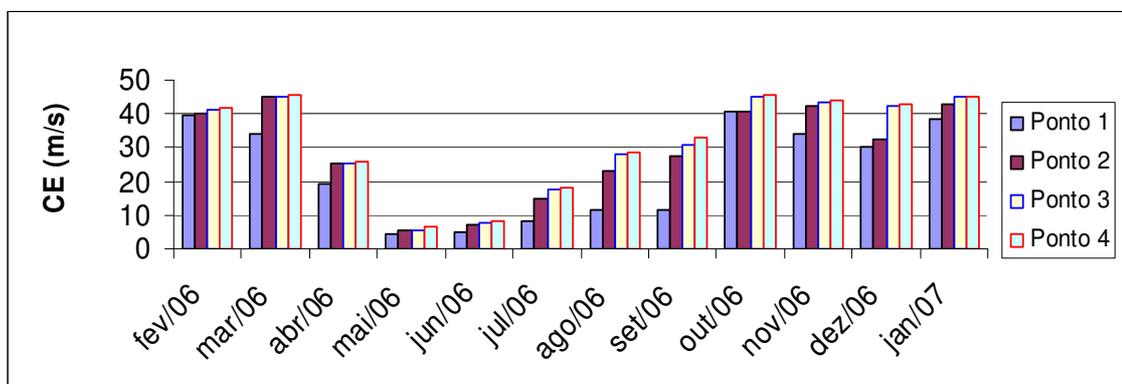


**Figura 12** – Variação da Temperatura da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

A condutividade elétrica é um indicador da capacidade da água em conduzir eletricidade, uma vez que a condução elétrica ocorre em função da maior concentração iônica. Por meio da medida da condutividade, podem-se detectar fontes poluidoras nos sistemas aquáticos, já que valores elevados podem indicar poluição. Portanto, é uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos.

É interessante ressaltar que, nas proximidades da mata ciliar, os valores de condutividade são, em geral, reduzidos, em decorrência da absorção de íons dissolvidos pela própria vegetação.

Como pode ser visto na Fig. 13, a condutividade elétrica no Igarapé do Sabino foi alta em quase todos os meses de coleta, indicando maior concentração iônica nesses meses. Estas concentrações elevadas de nutrientes devem estar relacionadas à grande quantidade de matéria orgânica (poluentes) no ambiente estudado. Observou-se também que nos meses mais chuvosos houve diminuição dos valores de condutividade; isso pode ter ocorrido em função da maior quantidade de matéria orgânica e inorgânica carregada, pelo aumento da carga do chorume. Isto pode ter ocasionado um aumento no teor de sais dissolvidos, pela decomposição microbiana, levando à formação de íons como nitrato, fosfato, sulfato, entre outros.



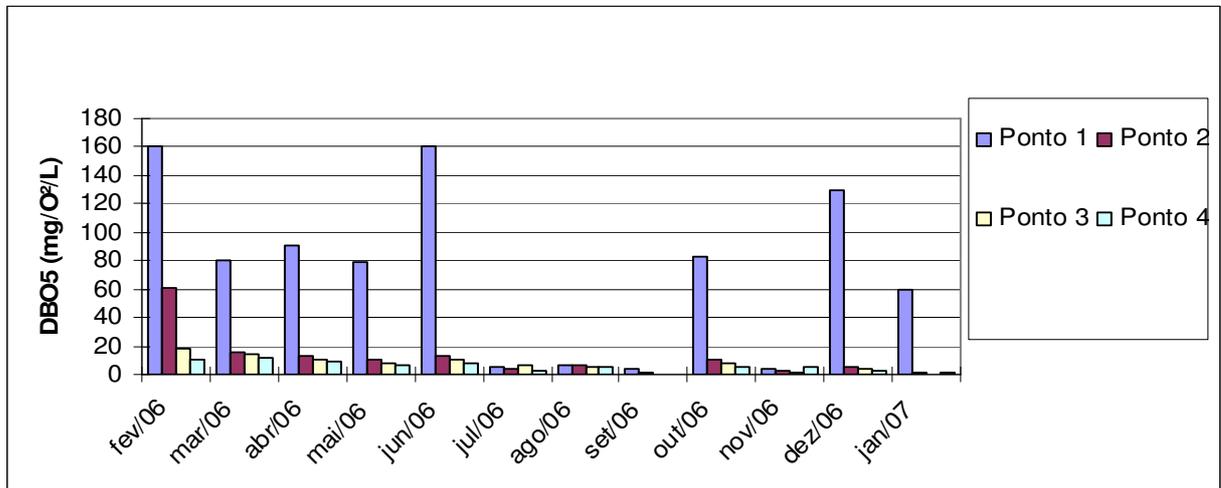
**Figura 13** – Variação da Condutividade da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ) indica a quantidade de oxigênio necessária para consumir bioquimicamente a matéria orgânica presente em 1 litro de água. A presença excessiva de nutrientes e matéria orgânica leva ao aumento da atividade biológica, que acarreta um maior consumo de oxigênio do meio, em prejuízo da vida aquática. Assim, o balanço de oxigênio nas águas tem-se mostrado com um bom indicador de poluição.

As moléculas orgânicas de estrutura complexa, tais como proteínas e lipídios, e altos valores energéticos da matéria orgânica são utilizados pelas bactérias como fonte de alimento e energia. Para ocorrer o processo de nutrição e, assim, liberação de energia, há necessidade de que os organismos aeróbicos respirem. Quando esses microorganismos respiram, roubam uma certa quantidade de oxigênio, do ambiente, ou seja, provocam uma demanda de oxigênio (SILVA, 1992).

A variação da  $DBO_5$  do Igarapé do Sabino, ao longo do período de estudo, é apresentada na Fig. 14. Pode-se observar que o ponto 1 apresentou, durante o monitoramento, a maior  $DBO_5$ , provavelmente em virtude da grande quantidade de chorume lançado próximo a esse ponto. A alta  $DBO_5$  no ponto 1 pode estar eutrofizando o ambiente aquático com a proliferação de bactérias anaeróbicas e reduzindo a quantidade de oxigênio (Fig. 14), que, conseqüentemente, deve estar causando uma redução também nas comunidades de organismos aquáticos.

Estudos realizados em 2005 na foz do Arroio Portão (RS) mostram que as concentrações médias anuais de matéria orgânica (DBO), sempre foram elevadas, e vêm aumentando desde 1999, atingindo média de 15mg/L em 2002. Este trabalho demonstra que o Arroio Portão sofre mais com a influência das cargas contaminantes de esgoto doméstico, do que com a descarga dos efluentes industriais.



**Figura 14** – Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

Pôde-se observar que, dos quatro pontos de coletas, o ponto 1, é o que se encontra com o maior grau de poluição em praticamente todos os meses do ano, em virtude de sua grande proximidade com o local de onde são lançados os líquidos percolados do Aterro da

Ribeira. O fluxo de maré que existe no Igarapé do Sabino é, portanto, o principal responsável pela oxigenação e diluição dos poluentes à jusante do Aterro, diminuindo assim o efeito da DBO nos pontos 2, 3 e 4.

#### 4.4.2 A presença de metais pesados na água do Igarapé do Sabino

A contaminação de ambientes por metais pesados foi ignorada até o trágico evento em Minamata, Japão, em 1932, onde, através da contínua descarga de metil-mercúrio, por efluentes de uma indústria de acetaldeído, houve contaminação da baía, bioacumulação através de cadeia trófica e séria intoxicação ao homem, causando a morte de centenas de pessoas e deformações fetais em gestantes (NASCIMENTO & CHASIN, 2001). Depois desse acidente, o mundo se viu obrigado a controlar os teores de metais pesados nos ambientes aquáticos.

Os metais pesados compreendem aqueles elementos cuja densidade excede  $5,0 \text{ g/cm}^3$  (FOSTNER; WITTMANN, 1979 *apud* GALVÃO, 2003), diferindo-se de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem. A atividade industrial diminui significativamente a permanência desses metais nos minérios, bem como a produção de novos compostos, além de alterar a distribuição desses elementos no planeta (ESTEVES, 1998). Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais pesados, umas mais e outras menos, dependendo da dose e da forma química. Assim sendo a maior preocupação com metais pesados é a bioacumulação destes pela flora e fauna aquáticas que acabam atingindo o homem, produzindo efeitos subletais e letais, decorrentes de disfunções metabólicas.

Muitos metais são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde as bactérias até mesmo o ser humano, mas eles são requeridos em baixas concentrações e podem danificar sistemas biológicos. Os metais são classificados em: 1 – elementos essenciais: sódio, potássio, ferro, cálcio, zinco, cobre, níquel e magnésio; 2 – micro-contaminantes ambientais: arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio; 3 – elementos essenciais e simultaneamente micro-contaminantes: cromo, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel.

Dos 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos gerados anualmente no Brasil, somente 600 mil toneladas recebem tratamento adequado, conforme estimativa da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição

de Resíduos Especiais (ABETRE). Os 78% restantes são depositados indevidamente em lixões, sem qualquer tipo de tratamento (REICHERT, 2002).

Recentemente a companhia Ingá, indústria de zinco, situada na Ilha da Madeira (RJ), que atualmente está desativada, transformou-se em uma das maiores área contaminadas com lixo tóxico no Brasil, contaminando o solo, água e o mangue da área, por zinco, cádmio, mercúrio e chumbo.

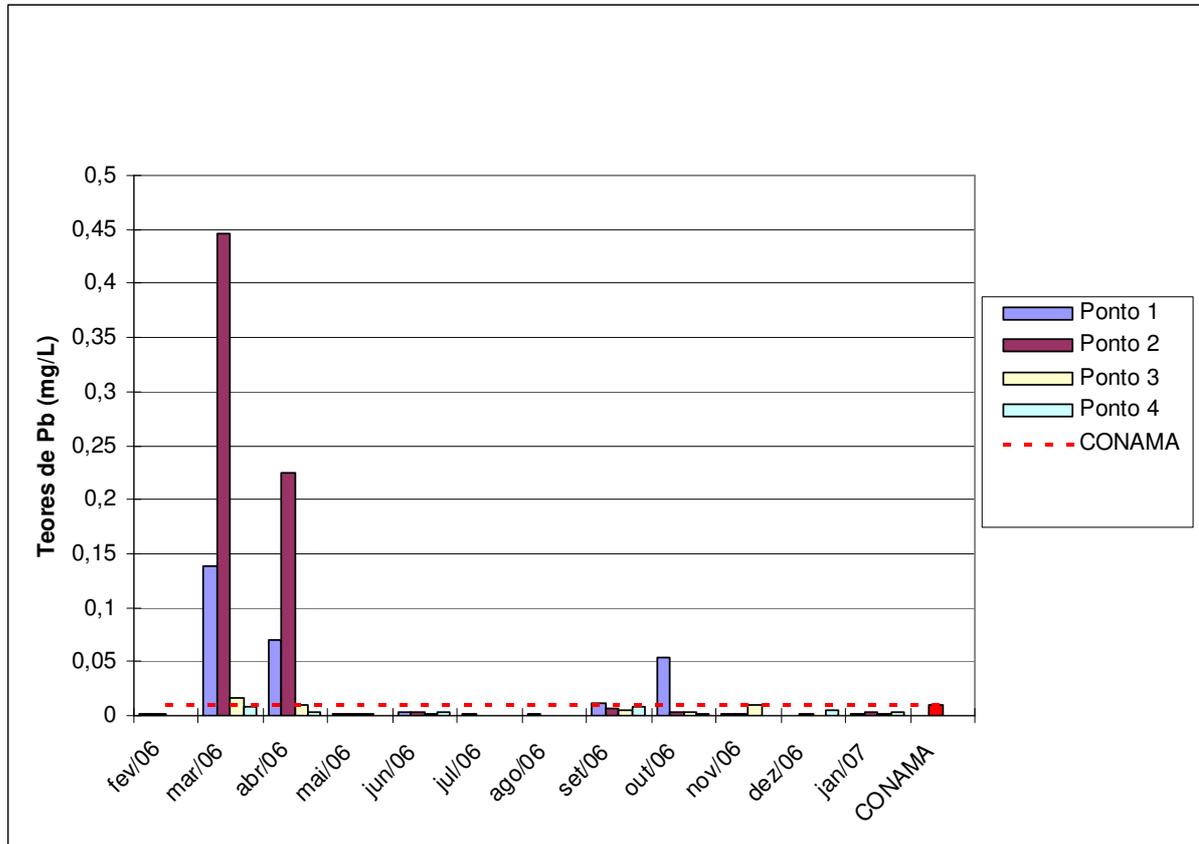
Neste trabalho, foram analisados os metais pesados Pb, Hg, Zn, Fe, Cu, Ni e Cd nas águas e nos sólidos em suspensão do Igarapé do Sabino. Foram encontrados todos os metais pesados analisados, sendo que os teores de Hg, Zn, Pb e Cu nas amostras, estiveram acima do limite permitido pela legislação ambiental (Resolução do CONAMA nº 357 de 03/2005).

Os principais usos do chumbo estão relacionados às indústrias extrativa, petrolífera, de baterias, tintas e corantes, cerâmica, cabos, tubulações e munições. Grande parte do chumbo encontrado no solo e em águas superficiais e subterrâneas próximas de aterros origina-se de baterias e pilhas que são jogadas nos mesmos, sem nenhum acondicionamento adequado.

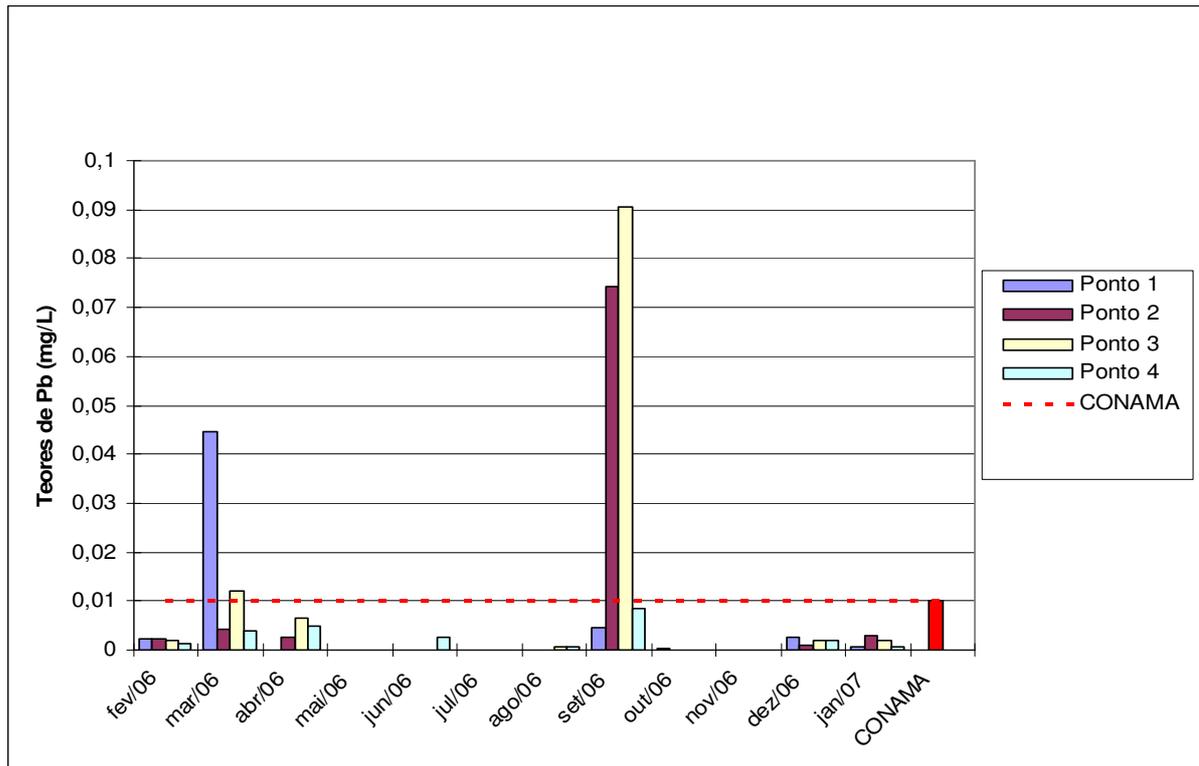
Como pode ser visto nas Fig. 15 e 16, o chumbo (Pb) foi encontrado em grande parte dos meses do ano, tanto na água como nos sólidos em suspensão, e nos meses de março, abril, setembro e outubro os teores do chumbo estiveram acima do estabelecido pela legislação. O aumento nos teores de Pb nos meses de março e abril pode ter ocorrido em função das máximas de precipitação nesse período que carreou grande quantidade de material percolado do aterro para a água do Igarapé. Possivelmente os organismos aquáticos do Igarapé podem estar contaminados pelo chumbo, que conseqüentemente pode contaminar a população que consome os peixes e mariscos.

O sistema nervoso, a medula óssea e os rins são considerados órgãos críticos para o Pb, pois este metal pesado interfere nos processos genéticos ou cromossômicos e produz alterações na estabilidade da cromatina em cobaias, inibindo o reparo de DNA e agindo como promotor do câncer. Alguns casos de envenenamento por chumbo foram registrados em Bauru (SP), onde uma indústria de baterias e acumuladores de eletromotivos lançava seus efluentes ricos em Pb no manancial da região (Poluição por chumbo em Bauru, 2003). Em estudos realizados por Souza et al. (2002) no Igarapé dos Tanques (RO), foram detectadas concentrações altas de metais pesados (Hg, Mn, Zn, Cr, Cu, Pb, Co, Fe e Cd) em amostras de sedimentos e particulados em suspensão, caracterizando uma contaminação considerável nesse sistema aquático. Nos ecossistemas aquáticos, algumas populações de invertebrados são

mais sensíveis que outras, e a estrutura das comunidades podem ser diversamente afetadas pela contaminação por Pb; entretanto, populações de áreas poluídas podem mostrar maior tolerância ao Pb em relação às de área não-poluídas (WHO, 1989).

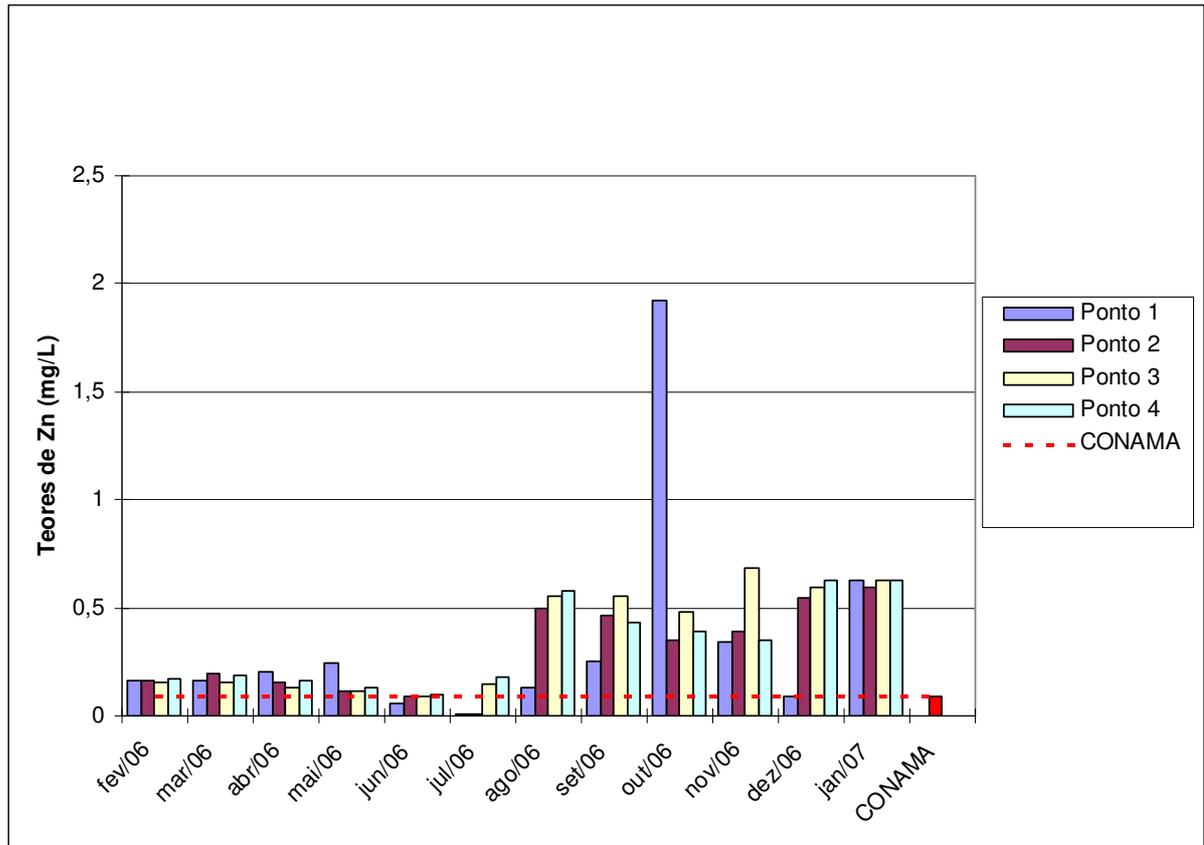


**Figura 15** – Variação dos teores de Chumbo na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

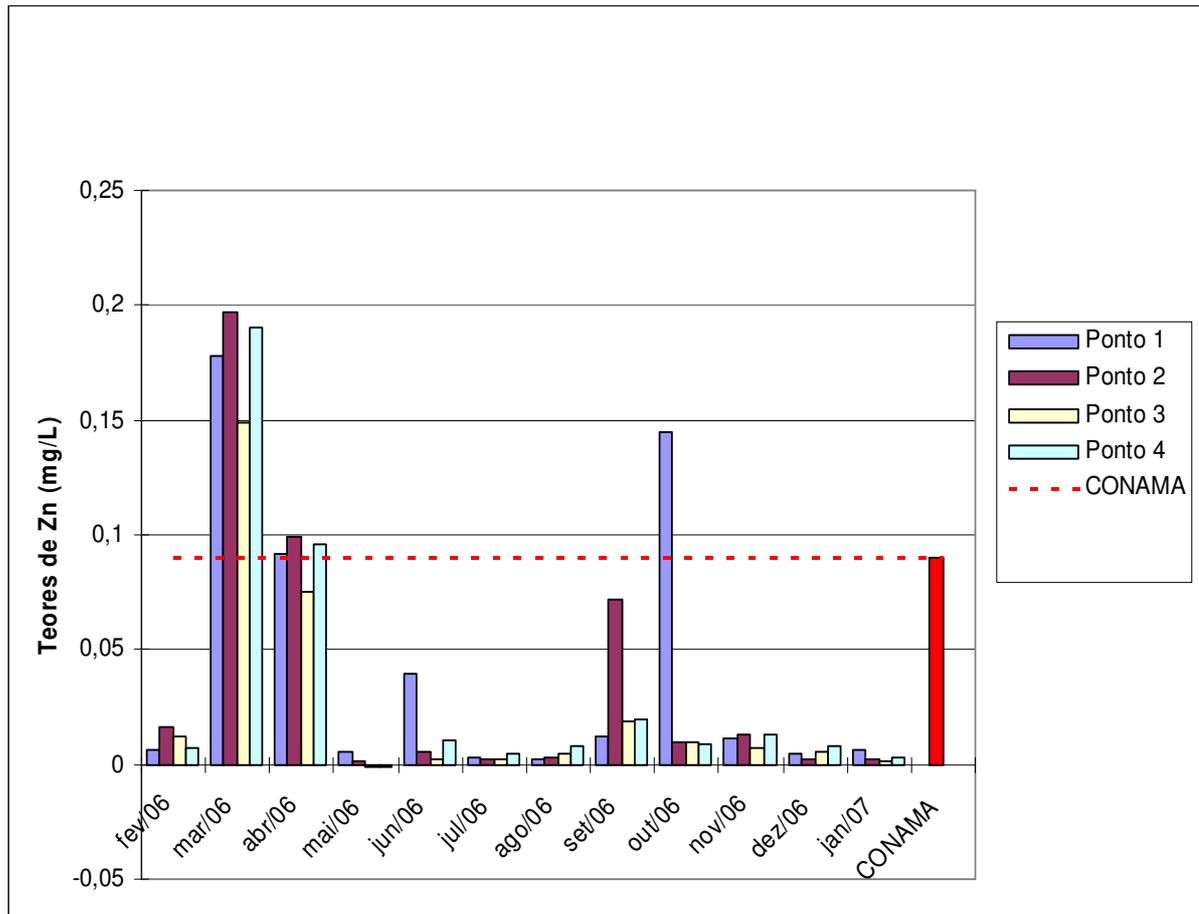


**Figura 16** – Variação dos teores de Chumbo nos Sólidos em Suspensão no Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

Na Fig. 17 e 18 podemos observar os teores de zinco (Zn) tanto na água como nos sólidos em suspensão. Em quase todos os meses do ano, os teores de Zn na água estão acima do permitido pela legislação brasileira. O Zn é um elemento importante no metabolismo humano e sua deficiência pode acarretar problemas de crescimento. Porém, altas concentrações podem causar intoxicações e alterações morfológicas aos seres vivos, além de proporcionar alterações no sabor da água. As principais fontes poluidoras por Zn são a galvanoplastia, os pigmentos de pintura, os inseticidas e a mineração (KUNO, 2003). Em estudos realizados no Estuário de Cananéia (SP), no período de dezembro de 1996 a setembro de 1997, foram encontradas concentrações de Zn em ostras de mangue *Crassostrea brasiliana* (consiste em uma espécie estuarina de ocorrência em quase toda a costa brasileira, desde o estado de Santa Catarina até o Maranhão) acima da legislação em vigor (Decreto 55.871/65 de Brasília, DF) que estabelece o limite de 30,0 mg/kg (MACHADO, 1983).



**Figura 17** – Variação dos teores de Zinco na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.



**Figura 18** – Variação dos teores de Zinco nos sólidos em suspensão no Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

A progressiva utilização do mercúrio (Hg) para fins industriais e o emprego de compostos mercuriais durante décadas na agricultura, resultaram no aumento significativo da contaminação ambiental, especialmente da água e dos alimentos. Uma das razões que contribuem para o agravamento dessa contaminação é a biotransformação por bactérias do mercúrio inorgânico em metilmercúrio, que é o processo responsável pelos elevados níveis de metal pesado no ambiente. Nos processos de extração, o mercúrio é liberado no ambiente principalmente a partir do sulfeto de mercúrio, sendo encontrado o mercúrio e seus compostos na produção de cloro e soda cáustica (eletrólise), em equipamentos elétricos e eletrônicos (baterias, retificadores, relés e interruptores), em aparelhos de controle (termômetros e barômetros), em tintas (pigmentos), em amalgamas dentárias, em fungicidas, em lâmpadas de mercúrio, entre outros.

No Igarapé do Sabino em praticamente todos os meses do ano, os teores de mercúrio, tanto na água como nos sólidos em suspensão, estiveram acima da resolução do CONAMA, como pode ser visto nas Fig. 19 e 20. Isto é preocupante, tanto para os

organismos que vivem nesse ecossistema aquático como para a população ribeirinha que se alimenta desses indivíduos. Provavelmente, o mercúrio encontrado no Igarapé do Sabino origina-se de lâmpadas fluorescentes, baterias de carro e de celulares e pilhas, que são lançadas no Aterro da Ribeira sem nenhum acondicionamento adequado.

Na Tab. 3, tem-se o resumo dos produtos que possuem mercúrio e podem ser encontrados em um resíduo sólido.

**Tabela 3** – Produtos que contêm mercúrio em um resíduo sólido

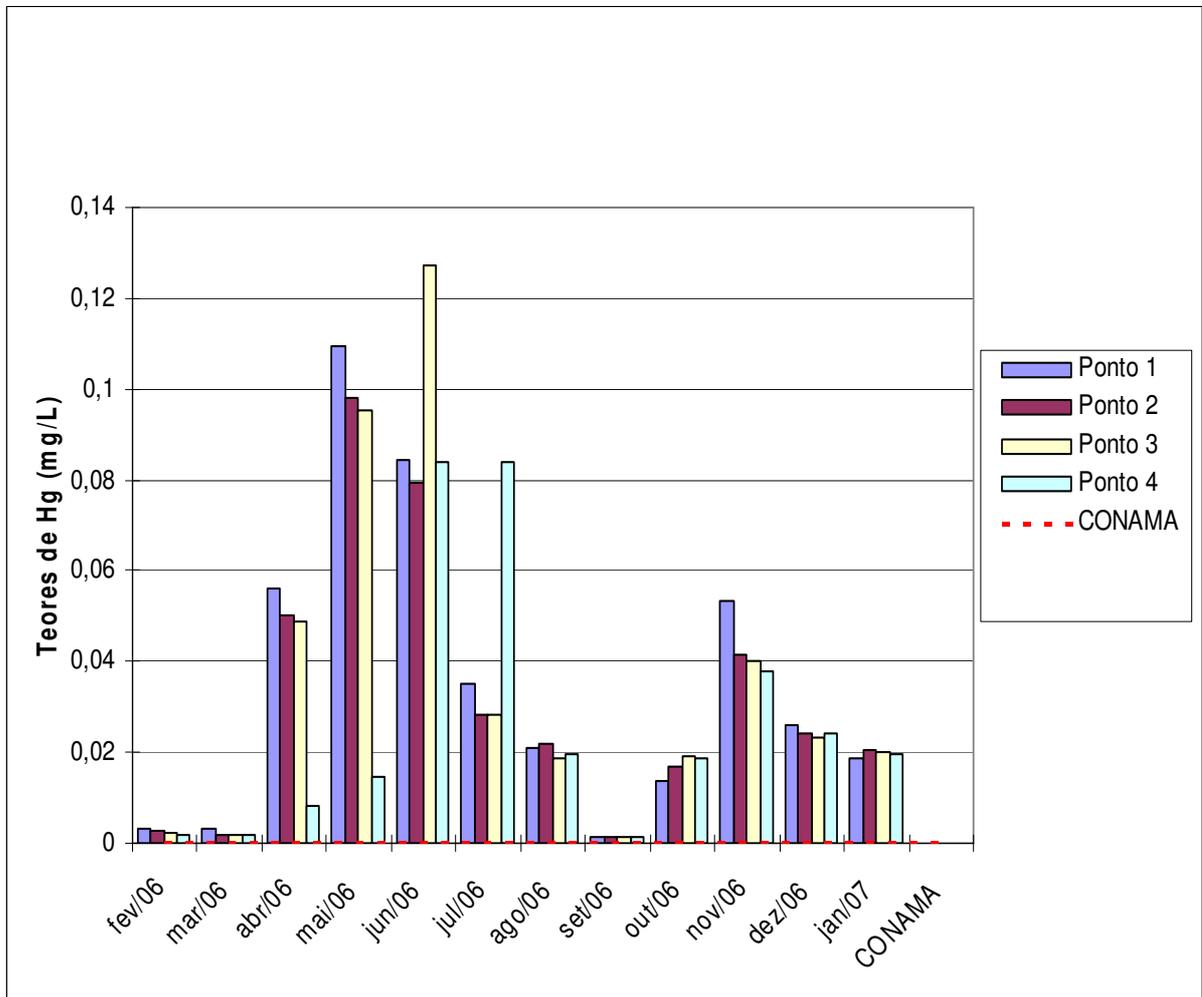
<b>PRODUTO</b>	<b>PERCENTAGEM</b>
Pilhas/Baterias	71,99
Equipamentos elétricos (lâmpadas de mercúrio entre outros)	13,70
Termômetros	6,89
Termostatos	3,30
Pigmentos	1,22
Uso odontológico	1,18
Resíduos de pintura	0,94
Interruptores de mercúrio	0,77
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Environmental Protection Agency (1996).

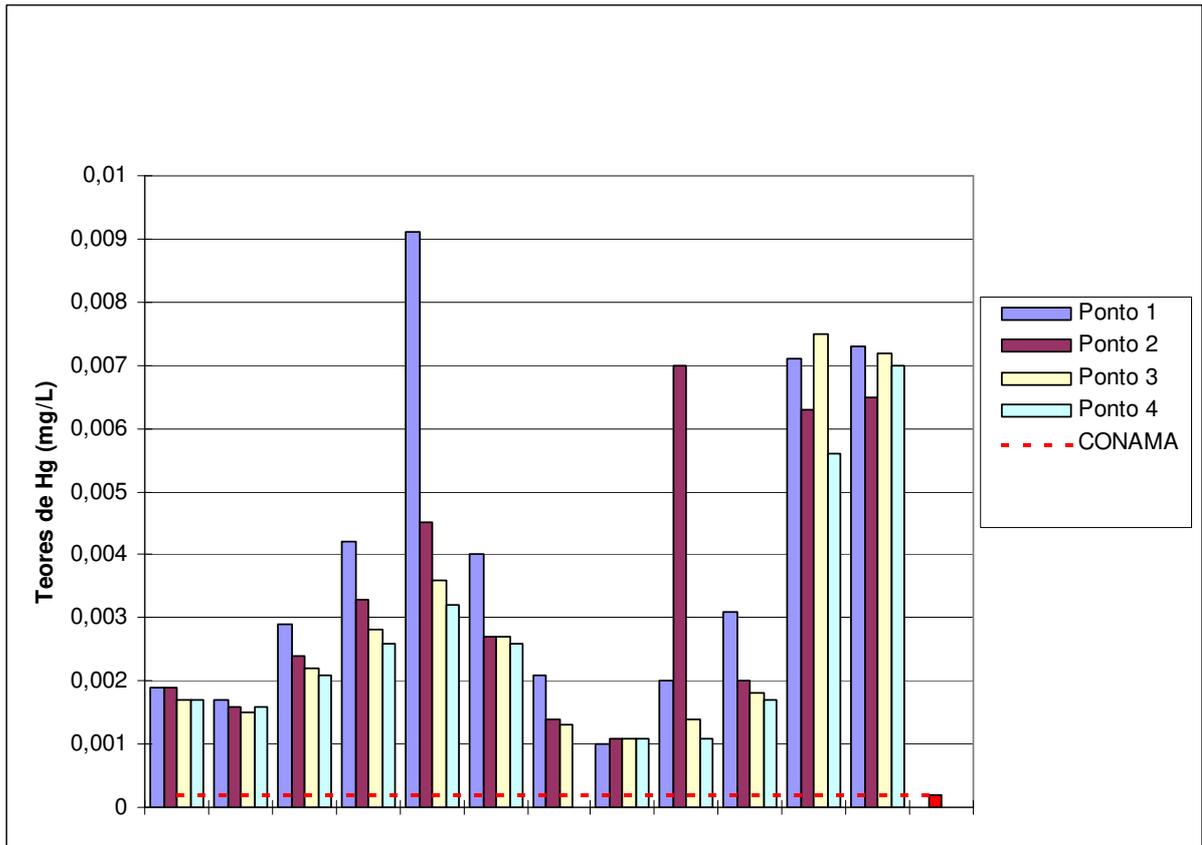
No âmbito do plâncton, o Hg e, sobretudo os compostos organo-mercúricos, reduzem a fotossíntese do fitoplâncton. Em meio redutor rico em sulfeto, este metal pode apresentar-se precipitado (associado com os sulfetos), formando, assim, compostos de solubilidade muito baixa, o que acaba enriquecendo o sedimento. O mercúrio combina-se fortemente com proteínas dos seres vivos, e age especificamente sobre os tecidos dos rins, destruindo a capacidade destes órgãos em remover do sangue produtos de eliminação (MORAES, 2001). A intoxicação por mercúrio pode ainda causar a destruição de células nervosas, gerando paralisia, irritabilidade, insanidade e depressão.

Em estudos realizados por Kuno (2003), na bacia Paraguai no Alto Pantanal (MS), foram detectados teores de mercúrio em peixes, sedimentos e material particulado em suspensão na água, sendo observada forte contaminação no ambiente. Assim, a presença de Hg em ambientes aquáticos é preocupante, devido aos impactos à biota e ao efeito cumulativo, ao longo da cadeia trófica.

Diante dos resultados apresentados podemos inferir que, possivelmente, os organismos aquáticos que vivem na água do Igarapé do Sabino devem estar contaminados por mercúrio e, conseqüentemente, devem estar intoxicando, aos poucos, a população que se alimenta desses indivíduos.



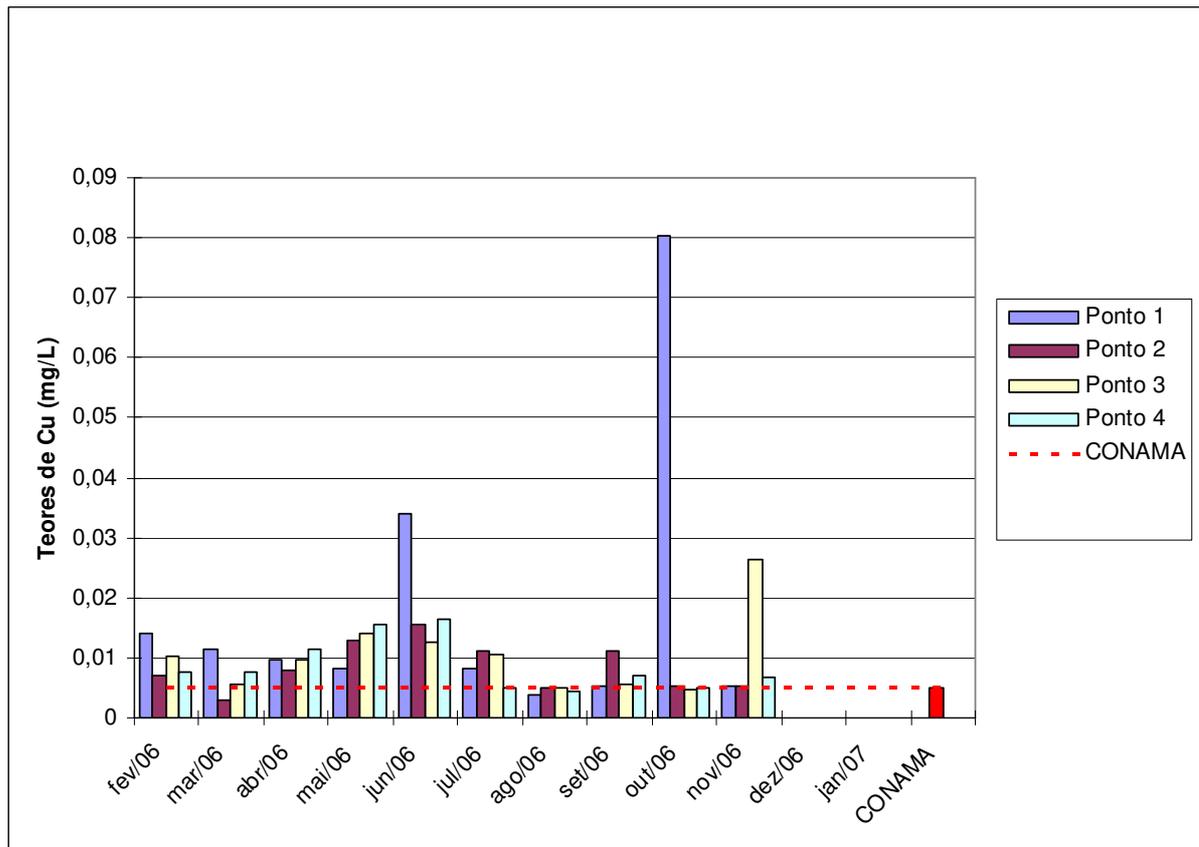
**Figura 19** – Variação dos teores de Mercúrio na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.



**Figura 20** – Variação dos teores de Mercúrio nos sólidos em suspensão no Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

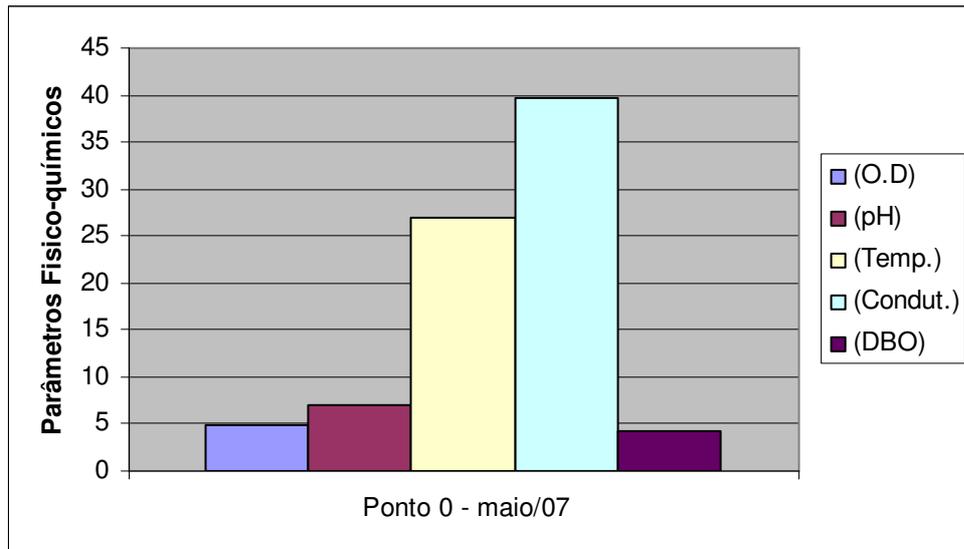
O cobre (Cu) foi encontrado tanto na água do Igarapé quanto nos sólidos em suspensão, mas os teores de Cu na água em muitos meses do ano estiveram acima do que permite a legislação brasileira, como pode ser observado na Fig. 21, podendo causar danos à biota e aos moradores ribeirinhos.

O cobre é um mineral essencial ao funcionamento do nosso organismo. Porém, altas concentrações podem causar intoxicação. Como o Cu deposita-se preferencialmente no cérebro e no fígado, os sintomas encontrados são inicialmente decorrentes do comprometimento destes dois órgãos. Sintomas do excesso de Cu ligados às alterações cerebrais incluem: distúrbios emocionais, depressão, nervosismo e irritabilidade, sintomas semelhantes ao do mal de Parkinson e alterações semelhantes à esquizofrenia e a outros distúrbios psiquiátricos. Outras alterações ligadas ao excesso de Cu são: fadiga, dores musculares e nas juntas, anemia hemolítica, queda de vitamina A, necrose hepática e lesão renal.

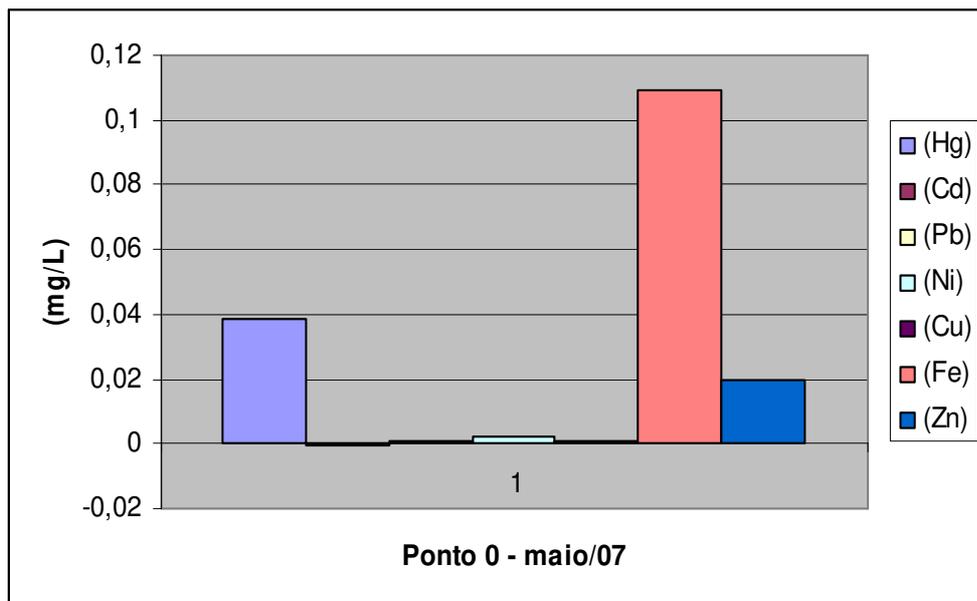


**Figura 21** – Variação dos teores de Cobre na água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

Nas Fig. 22 e 23, pode-se observar o ponto zero (Controle), onde o O.D está um pouco abaixo da resolução CONAMA, já a DBO<sub>5</sub> encontra-se com baixos valores, indicando pouca matéria orgânica nesse ponto. Todos os metais pesados analisados foram encontrados no referido ponto, mas apenas o Hg está com teores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA. O ponto zero localiza-se a montante do Aterro da Ribeira e foi realizada apenas uma coleta neste ponto, no mês de maio/07, para se fazer um comparativo com os demais pontos. Foi possível constatar que a amostra da água no ponto controle, mesmo estando localizado a montante do Aterro da Ribeira, encontra-se também contaminada por metais pesados, e possui ainda pouco oxigênio dissolvido. Isso nos indica possivelmente que existem outras fontes poluidoras ou que em função do fluxo de maré esses poluentes acabam sendo carregados rio acima.



**Figura 22** – Valores de pH, Temp(C), O.D(mg/L), Cond(m/s), e DBO<sub>5</sub> (mg/L) na água do Igarapé do Sabino, no ponto controle (0).



**Figura 23** – Teores (mg/L) do Hg, Cd, Pb, Ni, Cu, Fe e Zn na água do Igarapé do Sabino, no ponto controle (0).

A Tab. 4 apresenta um resumo dos parâmetros físico-químicos avaliados para verificar os impactos provocados pelo Aterro da Ribeira no Igarapé do Sabino.

Tabela 4 – Tabela de monitoramento geral dos parâmetros físico-químicos e dos teores de metais pesados no Igarapé do Sabino (mg/L)

fev/06	0,00	7,16	27,00	39,40	180,20	0,003111027	0,001969242	0,007295	0,000447486	0,001247561	0,002429857	0,004985371	0,01998499	0,01419111	0,00477258	0,159561702	0,537925919	0,16497336	0,0064689309
mar/06	3,46	7,30	27,40	34,20	80,30	0,003970774	0,001759813	0,000651912	0,000440735	0,138312828	0,044546896	0,007981777	0,016097524	0,011385221	0,005751125	0,207992498	0,212415416	0,160235356	0,178005662
abr/06	2,8	7,13	27,60	19,16	91,20	0,056249212	0,002962182	0,00719804	0,000400367	0,059691545	0,022746311	0,00552363	0,008169378	0,000875374	0,009667948	0,198097993	0,106373512	0,201789666	0,09193387
mai/06	2,14	6,97	27,40	4,13	78,40	0,10940105	0,004206552	0,00787696	0,0003600	0,001050262	0	0,003465491	-0,00234433	0,000636528	0,013584771	0,188203488	0,000331609	0,242655976	0,005867179
jun/06	0,40	7,16	27,2	27,4	160,50	0,09454051	0,009106526	0,000844711	0,001111027	0,003990495	0,000967366	0,00160577	0,000967366	0,034147411	0,014286196	0,184398489	0,16484171	0,083868246	0,039483034
jul/06	5,61	6,44	28,20	8,37	5,41	0,035124156	0,00455988	0,000594148	0,000423855	0,001824831	0,000187546	0,003752063	0,000187546	0,002821907	0,009078019	0,159347711	0,74048012	0,007335896	0,000337418
ago/06	6,63	6,90	28,20	11,60	6,57	0,021129032	0,002115528	0,003916978	0,000890922	0,001465371	0,0	0,0022899474	0,000731432	0,003765941	0,004579894	0,639282468	0,04798192	0,132160042	0,002471867
set/06	4,70	6,73	27,90	11,70	3,94	0,018787846	0,00910522	0,003454613	0,004024756	0,01086666	0,004546136	0,000146661	0,000146661	0,005375083	0,014939865	0,330051462	0,330051462	0,25112153	0,012303075
out/06	3,69	7,32	27,90	40,60	83,32	0,017390945	0,002010502	0,004141035	0,015667666	0,05436234	0,000330062	0,003705926	0,005412603	0,080210052	0,016459114	0,351957989	0,121023308	0,191975919	0,144438622
nov/06	3,49	7,16	27,90	34,00	3,29	0,035462115	0,005160767	0,009893473	0,004347336	0,001230307	0,002231807	0,0001519129	0,002231807	0,005375083	0,007074268	0,267700765	0,062944466	0,43833194	0,011774193
dez/06	2,63	6,82	27,90	4,04	130,00	0,026529925	0,007174681	0,000695925	0,0	0,00276309	0,0	0,00276309	0,0	0,0	0,720059639	0,42664141	0,093438964	0,00466084	0,006486084
jan/07	3,09	7,28	28,30	38,40	1,62	0,018784246	0,007315603	0,0	0,0	0,0001329632	0,000564066	0,0	0,0	0,0	0,22980451	0,109264816	0,625471868	0,0061386509	0,0061386509

fev/06	0,40	7,40	28,00	40,00	60,30	0,002728432	0,001906601	0,004508	0,000487246	0,001114778	0,002352588	0,004277944	0,001921605	0,006958102	0,011466054	0,125307576	0,734311702	0,163810202	0,015984561
mar/06	5,30	7,50	27,90	45,00	15,13	0,001990997	0,001657291	0,00050375	0,000458739	0,446742621	0,004288447	0,002309077	0,002487621	0,003062078	0,007028631	0,189483308	0,17651039	0,153761342	0,019716799
abr/06	4,02	7,49	28,20	25,11	13,00	0,05020442	0,002483683	0,00490622	0,000412969	0,224336353	0,02616529	0,002578019	0,001286946	0,00017816	0,010892441	0,176635127	0,090750956	0,153975093	0,09156887
mai/06	2,75	7,49	28,50	5,23	10,50	0,098049897	0,003300075	0,000477494	0,0009672	0,001982745	0	0,002846961	0,00073555	0,012973555	0,014758252	0,163788946	0,005191522	0,113131845	0,001150483
jun/06	3,06	7,42	28,30	6,90	12,50	0,079522406	0,004593023	0,000427606	0,00048496	0,00280195	0,0	0,001222805	0,000073518	0,015434921	0,006543473	0,161795136	0,138125863	0,087230307	0,00539609
jul/06	5,51	7,06	27,80	14,95	3,54	0,28531132	0,002751912	0,000471867	0,000903225	0,000802325	0,000388822	0,000956448	0,000956448	0,011180795	0,015004688	0,150961027	0,438621155	0,009215866	0,002263003
ago/06	8,21	7,40	30,30	23,00	6,24	0,021905476	0,001492973	0,004474868	0,003878469	0,000637659	0,0	0,002190547	0,001387846	0,005011252	0,004834958	0,270858984	0,006676689	0,497646162	0,003292557
set/06	4,61	7,50	29,10	27,60	1,32	0,001211552	0,001117779	0,003814703	0,014073518	0,000669167	0,074296574	0,001035258	0,00018904	0,011230307	0,03704051	0,25384096	0,16616279	0,465345086	0,072186796
out/06	3,64	7,53	28,10	40,60	10,20	0,016935483	0,00705264	0,003705926	0,000432333	0,003398349	0,0	0,002209302	0,00044281	0,015303825	0,004366091	0,30776069	0,165397599	0,349264816	0,009891222
nov/06	3,80	7,48	28,60	42,20	2,18	0,041777944	0,002085521	0,00952213	0,003672168	0,0010015	0,0	0,001751687	0,001650412	0,005258814	0,005213803	0,263383345	0,342711926	0,300450112	0,012790897
dez/06	9,93	7,62	28,55	32,3	5,12	0,024259526	0,006371267	0,000078057	0,0	0,001794283	0,001130345	0,0	0,0	0,0	0,0	0,248695789	0,09631279	0,549093398	0,002240847
jan/07	3,95	7,58	28,70	42,90	1,10	0,020413238	0,006524081	0,0	0,0003067666	0,002873143	0,002873143	0,0	0,0	0,0	0,20608102	0,296183795	0,0	0,59900252	0,002240847

fev/06	0,40	7,43	28,14	41,10	18,14	0,002280945	0,001779444	0,0004197	0,00052648	0,000336842	0,002189422	0,003822205	0,003026256	0,010357089	0,00262228	0,117509397	1,81584206	0,156408664	0,011804951
mar/06	5,35	7,54	28,10	45,10	14,11	0,001767321	0,001576768	0,000421605	0,000410352	0,016546511	0,012158289	0,001866941	0,001933983	0,005669854	0,005029257	0,147914686	0,142214366	0,151086334	0,14937997
abr/06	4,15	7,55	28,50	25,43	11,00	0,048627343	0,002219617	0,000498172	0,000383533	0,000900749	0,006558154	0,002798259	0,001076331	0,009859273	0,007050398	0,156812938	0,070201938	0,150126575	0,075126575
mai/06	2,95	7,57	28,90	5,76	8,22	0,095467366	0,002860465	0,000476744	0,000358714	0,001454988	0,0	0,003709677	0,000176331	0,0114120592	0,009071455	0,165711177	-0,001824231	0,110264253	0
jun/06	3,46	7,43	28,70	7,52	10,55	0,127132033	0,003606046	0,000407726	0,0004021	0,001617779	0,0	0,00111027	0,00016054	0,01277569	0,009754501	0,117659039	0,108298387	0,082473618	0,002253113
ago/06	10,10	7,82	29,00	17,66	6,25	0,028372709	0,002704601	0,000441013	0,000398949	0,0	0,004249062	0,000016879	0,000016879	0,00016054	0,011791447	0,17866204	0,114436984	0,148152663	0,01988259
set/06	4,10	7,54	29,30	31,00	0,50	0,00126282	0,001125281	0,004158039	0,014729932	0,000429172	0,000810202	0,001477869	0,000435108	0,005018754	0,003493687	0,138507126	0,045657891	0,55000375	0,004414853
out/06	4,20	7,60	28,20	45,20	8,11	0,019019503	0,001410352	0,002993248	0,003773443	0,00348087	0,0000006	0,001837959	0,009688672	0,005693923	0,017569932	0,225187546	0,087471867	0,386432858	0,019182295
nov/06	4,30	7,55	28,90	43,50	1,87	0,04024381	0,001834583	0,004032258	0,003848462	0,010273818	0,0	0,001395348	0,000982745	0,026395348	0,026024006	0,230795198	0,205592648	0,479732183	0,00984246
dez/06	5,26	7,63	28,55	42,30	4,00	0,023310877	0,007545011	0,0	0,0	0,002014778	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,18696342	0,031766804	0,530330757	0,00544246
jan/07	4,45	7,65	28,70	44,80	0,40	0,020235408	0,007276144	0,0020235408	0,000178319	0,001806151	0,0	0,0	0,0	0,0	0,189024756	0,167471868	0,628084771	0,001786421	0,001786421

fev/06	0,51	7,50	28,70	42,00	10,00	0,00202383	0,001753563	0,000417014	0,000475808	0,0001455363	0,004479744	0,000479744	0,002987996	0,007783195	0,189955176	0,128360817	2,380208177	0,17088312	0,0072989384
mar/06	7,95	7,57	28,30	45,40	11,11	0,001620705	0,001672918	0,000409977	0,000416354	0,000752018	0,004010502	0,004359714	0,002226556	0,007584523	0,009153338	0,187262753	0,196026256	0,189150767	0,130139534
abr/06	5,50	7,61	28,70	26,04	9,00	0,008159101	0,002186804	0,000405476	0,000385033	0,004098084	0,004868866	0,002910727	0,001182232	0,001559492	0,005047149	0,166543135	0,09891731	0,158891278	0,095807088
mai/06	3,06	7,65	29,40	6,69	6,22	0,01448498	0,002664291	0,000400975	0,00033713	0,000606151	0	0,00146714	0,000182232	0,015524381	0,000540996	0,12884177	0,000000000	0,28883177	0,000000000
jun/06	3,77	7,59	28,70	8,07	7,55	0,083834208	0,00320302	0,000408477	0,000451237	0,004145911	0,002790322	0,001327456	0,000300075	0,016308702	0,007938222	0,12840427	0,2136024	0,094247561	0,01071339
ago/06	9,59	7,94	29,40	18,33	2,10	0,02945986	0,00288846	0,000403225	0,00040135	0,00082258	0,000030507	0,003610277	0,00031507	0,005059002	0,018120592	0,166760315	0,033379632	0,177052325	0,005141222
set/06	8,16	7,84	30,40	28,60	5,25	0,019647411	0,000014441	0,004208552	0,003795948	0,000716429	0,000592648	0,000184912	0,000618904	0,0004591147	0,0004943735	0,238991375	0,136264066	0,582288072	0,00706677
out/06	4,50	7,60	29,20	33,20	0,00	0,011215303	0,000114028	0,004478619	0,003792198	0,007554388	0,008514628	0,00149624	0,000618904	0,007051762	0,007336834	0,221140285	0,049892498	0,434553638	0,019384846
nov/06	5,36	7,60	29,50	44,00	5,06	0,018724681	0,00114028	0,003228906	0,003949737	0,007125431	0,0001279069	0,0001279069	0,000416354	0,005078769	0,00577644	0,255416354	0,160097524	0,39255063	0,008799699
dez/06	6,38	7,68	28,55	43,00															

Os resultados aqui apresentados são preocupantes, no que se refere à manutenção da qualidade dos recursos hídricos e da biota no ecossistema do Igarapé do Sabino. Este quadro de degradação detectado contribui de forma significativa para um desequilíbrio ecológico, prioritariamente na região da montante, refletindo negativamente em todo o Igarapé.

Perda de espécies e alterações da estrutura de comunidades têm sido associadas com a poluição e a eutrofização de riachos, rios, lagoas, lagos e reservatórios, especialmente em regiões com alta densidade populacionais humanas (MARQUES & BARBOSA, 2001).

As ameaças aos ecossistemas aquáticos variam consideravelmente em número e importância de acordo com as diferentes regiões do Brasil, a densidade populacional humana, os usos do solo e as características socioeconômicas predominantes.

Particularmente em relação aos resultados aqui apresentados, observou-se uma real necessidade de se buscar maior eficiência na operacionalização do Aterro Municipal da Ribeira, que com certeza não devem está executando as medidas mitigadoras de impacto ambiental. É interessante ressaltar que foram solicitadas visitas ao Aterro Municipal da Ribeira, para melhor avaliação do seu estado atual, mas estas não foram concedidas pela administração do mesmo.

A Superintendência de Limpeza Pública de São Luís poderia instalar em sua gestão o modelo de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, que tem o objetivo de conseguir o máximo de reaproveitamento ou reciclagem, maximizando a vida útil dos aterros sanitários. Tal modelo de gerenciamento integrado está sendo posto em prática em várias capitais do Brasil, e visa a separar todos os tipos de resíduos na origem, no momento de sua geração, já tendo em mente o que será feito com esse resíduo para tratá-lo e posteriormente destiná-lo adequadamente. Para o sucesso de qualquer sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, quatro fatores devem estar presentes: vontade política (querer fazer); conhecimento técnico (saber como fazer); recursos financeiros (ter como fazer); e pessoal qualificado e treinado (poder fazer, avaliar e refazer) (REICHERT, 2002).

Dessa forma, ressalta-se a necessidade urgente de ações que revertam o estado de degradação em que se encontra o ecossistema aquático Igarapé do Sabino, bem como de ações de fiscalização dos órgãos ambientais, e intervenções do poder público no Aterro, para que o mesmo não continue degradando este tão importante sistema aquático.

## 5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, foi possível caracterizar fisicamente a Sub-bacia do Sabino e também observar e constatar que existem vários problemas de ordem sanitária e ambiental, provocados pelo Aterro da Ribeira na Sub-bacia do Sabino. Foi possível concluir que:

- A Sub-bacia do Sabino mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidade anormais. Este resultado é importante tanto para o ecossistema aquático como para população que ocupa a área da Sub-bacia, pois se ocorressem enchentes periódicas, mas sedimentos e compostos orgânicos e inorgânicos seriam carreados para o canal principal;
- A Sub-bacia do Sabino, por apresentar média densidade de drenagem e conseqüentemente média transmissibilidade, possui média suscetibilidade a erosão e médio potencial dispensor na contaminação nas águas superficiais. Mas esses fatores podem ser influenciados e alterados pelo uso e ocupação desordenada do solo;
- O relevo da Sub-bacia do Sabino está entre plano a suavemente ondulado, apresentando nas maiores declividades maior escoamento das águas superficiais e conseqüentemente maior suscetibilidade a erosão, além de possuir maior potencial dispensor da contaminação da águas superficiais;
- Grande quantidade de chorume produzido pelo lixo do Aterro da Ribeira é lançado continuamente no Igarapé do Sabino. O líquido percolado do Aterro está contaminando a água com matéria orgânica e metais pesados. Estes metais também além das demais águas residuais (domésticas e industriais) podem estar sendo consumidos pelos peixes (efeito cumulativo), e por sua vez podem estar contaminando a população que consome esses organismos aquáticos;
- No período mais chuvoso (fevereiro, março, abril, maio e junho) os teores de oxigênio dissolvido na água do Igarapé do Sabino estiveram abaixo dos teores permitidos pela legislação ambiental do Brasil, provavelmente em função da grande quantidade de chorume lançados no igarapé. A concentração de oxigênio dissolvido na água em baixos níveis e a alta DBO<sub>5</sub> indicam que o ecossistema aquático está eutrofizado, diminuindo, assim, a quantidade de indivíduos nesse ambiente;

- Há um aumento do pH em direção à foz, embora os valores estejam dentro dos limites aceitáveis. Isso se dá devido à maior parte dos líquidos percolados do aterro serem despejados a montante da foz;
- A condutividade elétrica na água do Igarapé do Sabino foi maior nos meses de fevereiro, março e abril, indicando maior poluição nesses meses, possivelmente pela grande quantidade de líquido percolado que foi carregado pelas precipitações neste período;
- Os teores dos metais pesados analisados, mercúrio (Hg), zinco (Zn), chumbo (Pb) e cobre (Cu), nas amostras da água do Igarapé, estiveram acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 03/2005. Possivelmente, os organismos aquáticos que vivem no Igarapé do Sabino estão contaminados pelos referido metais pesados.

Diante dessas conclusões, pode-se dizer que, se não forem tomadas providências preventivas e contensivas urgentes, dentro de muito pouco tempo não haverá nada além de mais um escoadouro de esgotos na Ilha do Maranhão.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia:** questões de escala e método. 1987. Seminar on Technology for Human Settlements in the Humid Tropics, CEPAL/IPEA (Economic Commission for Latin América/Caribbean Institute of Economic and Social Planning).
- ANDREOLI, Cleverson Vitório. **Mananciais de abastecimento:** planejamento e gestão: estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: Sanepar, 2003.
- ANTUNES, Ricardo. **Adeus ao trabalho?** Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho. 3. ed. Campinas-SP: Cortez, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Apresentação de Projeto de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.** Rio de Janeiro, 1985.
- AYRES, Manuel et al. **Bio Estat 2.0:** aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Brasília: CNPq, 2000.
- BARRETO JÚNIOR, Luís Fernando Cabral. **Ação Civil Pública.** São Luís, 1997.
- BENJAMIN, Antonio Herman de Vasconcellos. **Os princípios do estudo de impacto ambiental como limites da discricionariedade administrativa.** Disponível em: <<http://dbjur.stj.gov.br>>. Acesso em: 29 jul. 2007.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** 3. ed. São Paulo: Cetesb/Ascetesb, 1986.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005.** [Brasília]: CONAMA, 2005.
- \_\_\_\_\_. **Legislação Federal:** controle da poluição ambiental. São Paulo: Cetesb, 1995. (Série documentos).
- \_\_\_\_\_. Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jan. 1997.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria n. 36. Norma e padrão da potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial**, Brasília, 1990. (Redatilografado pelo SAMA/CVS-SES).

BRIGANTE, Janete; ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mongi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003.

C. NETO, A. L.; AVELAR, A. S. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 103-138.

CAMPOS, A. E. L. **Caracterização morfométrica e problemática ambiental na Sub-bacia do Sabino, em São Luís-MA**. 2007. Monografia (Bacharel em Geografia) – Curso de Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2007.

CAMPOS, Antonio Eduardo Lopes. **Estudo ambiental sobre o Aterro Sanitário da Ribeira - São Luís-MA**. São Luís, 1998.

CARNEIRO, Pedro Aurélio da Silva. **Estudo e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA**. São Luís, 1991.

CASCON, H. M. **Ecologia de estuários e manguezais**. Fortaleza-CE, 1999. Apostila.

CASTRO JR., M. E. **O papel da fauna endopodônica na estruturação física do solo e o seu significado para hidrologia de superfície**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CETESB. **Normatização técnica: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Método da Diluição e Incubação (20°C, 5 dias)**. São Paulo, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 1980.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Pulo: Ed. UNESP, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço de Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10 Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979.

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

FAUSTINO. J. **Planificación y Gestion de Manejo de Cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FEITOSA, A. C. **Caracterização geomorfológica da Ilha do Maranhão**. São Luís: GERCO/CPE/SEMA/MMA, 1998.

FERREIRA, A. J. A. **Urbanização e problemática ambiental em São Luís-Ma**. Monografia (Especialização em Geografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 1997.

FERREIRA, A. J. A.; TROVÃO, J. R. **Estudo de ocupação espacial /uso e cobertura da terra**. São Luís: GERCO/CPE/SEMA/MMA, 1998.

GALVÃO, P. M. A. **Metais Pesados (Cd, Mn, Fe, Ni, Cu, Z, Pb, Cd) em sedimentos e material particulado em suspensão no baixo rio Paraíba do Sul: uma descrição após contaminação por rejeitos da produção de papel e celulose**. 2003. Monografia (Biologia marinha) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GOMES, J.P.O.; SILVEIRA, E.G.; BASTOS, W.R. **Hidrobiogeoquímica de elementos-traço na bacia de drenagem do rio Madeira**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13. Porto Velho-RO, 2004.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 1996. p 337-339.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

IBGE. **Contagem da População – 1996**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/estatistica/população/contagem/macont96.shtm>>. Acesso em: 14 abr. 2006.

KUNO, Rúbia. **Avaliação da contaminação por mercúrio em peixes do alto pantanal**. São Paulo, 2003. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MACEDO, Lúcio Antonio Alves de. **Qualidade ambiental dos rios da ilha de São Luís**. São Luís: UFMA, 2003.

MACHADO, L. M. P. A Estrutura das Redes Hidrográficas e o Modelo Hortoniano: uma nova revisão. **Revista Geografia**, n. 2, p. 111-122, 1983.

MARANHÃO. Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**. Disponível em: <<http://www.zee.ma.gov.br/>>. Acesso em: 29 jun. 2007.

\_\_\_\_\_. Lei Estadual nº 3.253, de 29 de dezembro de 1992. Dispõe sobre o zonamento, parcelamento, uso e ocupação do solo urbano e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de São Luís**, São Luís, ano XII, n. 88, 15 abr. 1993.

\_\_\_\_\_. Lei Estadual nº 5.405 de 08 de abril de 1992. Institui o Código de Proteção de Meio Ambiente e dispõe sobre o Sistema Estadual do Meio Ambiente e o uso adequado dos recursos naturais do Estado do Maranhão. **Diário Oficial [do] Estado do Maranhão**, São Luís, n. 77, 22 abr. 1992.

\_\_\_\_\_. Lei Estadual nº 8,149 de 15 de junho de 2004. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado do Maranhão**, São Luís, 23 jun. 2004.

MARQUES; M.M.; BARBOSA, F.A.R. Biological quality of waters from na impacted tropical watershed (milddle Rio Doce basin, Southeast Brazil) using benthic macroinvertebrate communities as na indicator. **Hydrobiologia**, n. 457, p. 69-76, 2001.

MORAES, A. J. **Manual para avaliação da qualidade da água**. São Carlos: RIMA, 2001.

NAIME, R.; FAGUNDES, S. R. **Controle da qualidade da água do Arroio Portão Portão**. Porto Alegre: Instituto de Geociências; UFRGS, 2005.

NASCIMENTO, E.S.; CHASIN, A.A.M. **Ecotoxicologia do mercúrio e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PAULUS, L. K. **Hidrologia para engenheiros**. México: McGraw, 1988.

PEREIRA. R.S. **Processos que regem a qualidade da água da lagoa dos patos, segundo o modelo delft3d**. 2003. 149 p. Dissertação (Mestrado em engenharia oceânica) – Fundação Universitária do Rio Grande, 2003.

POLUIÇÃO por chumbo em bauru. 2003. Disponível em : <[http://www.arvore.com.br/artigos/htm\\_2002/ar1004\\_6.htm](http://www.arvore.com.br/artigos/htm_2002/ar1004_6.htm)>. Acesso em: 11 nov. 2005.

REICHERT, G. A. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos: uma proposta inovadora**. Porto Alegre, 2002.

RODRIGUES, T. L. N. et al (Org.). **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**. São Luís. Folha AS.23-Z-A, Cururupu. Folha AS.23-X-C, Estado do Maranhão. Brasília: CPRM, 1994.

SÁ, Lucilene Antunes Correia Marques de. e et al. **Resíduos sólidos: Uma solução através do sensoriamento remoto**. In: VII SBSR, 1993, [S.1.]. Anais... [S.1], 1993, p. 127-134.

SCHOBENHAUS, C. et al. **Geologia do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984.

SILVA, E V. **Dinâmica da paisagem**: estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Huelva (Espanha) e Ceará (Brasil). Rio Claro: UNESP, 1992.

SILVA, Quésia Duarte da. **Proposta de Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Tibiri, São Luís-Ma**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p. 35-51.

SOUZA, C.G. et al. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER, 2002.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Haven: Transaction: American Geophysical Union, 1957. v. 38.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VON, S. M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuais. In: \_\_\_\_\_. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1995.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. IPCS. **Environmental health criteria 85 – lead – environmental aspects**. Geneva, 1989. 106 p. Publish under the joint sponsorship of the United Nations Environment Program, the International Labour Organization, and the World Health Organization.

## **ANEXOS**

## ANEXO A – Registro fotográfico da pesquisa de campo



**Foto 1** - Lançamento de Chorume no Igarapé do Sabino

Fonte: Eduardo Campos.



**Foto 2** - Formação de bolha de espuma no chorume

Fonte: Eduardo Campos.



**Foto 3** – Chorume em direção ao Igarapé do Sabino

Fonte: Eduardo Campos.



**Foto 4** – Moradores ribeirinhos do Igarapé do Sabino praticando a pesca.

Fonte: Eduardo Campos.



**Foto 5** – Ribeirinhos separando pescado.

Fonte: Eduardo Campos.



**Foto 6** – Urubus na lama do Igarapé do Sabino

Fonte: Eduardo Campos.



**Foto 7** – Urubus no Mangue do Igarapé do Sabino

Fonte: Eduardo Campos.

ANEXO B – Artigo científico para publicação

## DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO IGARAPÉ DO SABINO (BACIA DO TIBIRI) PROVOCADO PELO ATERRO MUNICIPAL DA RIBEIRA, EM SÃO LUIS, MA.

Antonio Eduardo Lopes Campos\*  
 Gilvanda Silva Nunes\*\*  
 Ricardo Barbieri\*\*\*  
 Ronaldo Rodrigues Araújo\*\*\*\*  
 José Crediciomar Silva de Oliveira\*\*\*\*\*

**Resumo:** O objetivo desse trabalho foi realizar um monitoramento no Igarapé do Sabino (afluente da Bacia do Tibiri, em São Luís-Ma) para verificar os principais impactos ambientais provocados pelos resíduos e efluentes provenientes do Aterro da Ribeira. Foram realizadas análises físico-químicas, e levantamentos bibliográficos e cartográficos sobre o Igarapé. Como análises de campo, foram medidos o pH, a temperatura da água, a velocidade do fluxo do canal fluvial, a sinuosidade, a forma da seção transversal, a área da seção transversal e a descarga do rio. Foram determinados também os teores de oxigênio dissolvido na água. Foi possível constatar o pH, a Temperatura e a quantidade de oxigênio dissolvido na água do Igarapé, bem como a forte influência entre a tipologia do solo na degradação do ambiente.

**Palavras-chave:** Impacto Ambiental. Recursos Hídricos. Resíduos e Efluentes

**Summary** The objective of this work was to carry through a monitoramento in the Narrow river of the Sabino (affluent of the Basin of the Tibiri, in They are Luis-Ma) to verify the main ambient impacts provoked by the effluent residues and proceeding from Aterro of the Ribeira. Analyses had been carried through bibliographical and cartographic physicist-chemistries, and surveys on the Narrow river. As field analyses, they had been measured pH, the temperature of the water, the speed of the flow of the fluvial canal, the sinuosity, the form of the transversal section, the area of the transversal section and the discharge of the river. The texts of oxygen dissolved in the water had been determined also. It was possible to evidence pH, the Temperature and the amount of oxygen dissolved in the water of the Narrow river, as well as the strong influence enters the tipologia of the ground in the degradation of the environment.

**Key words:** Ambient impact. Hídricos resources, wastes, effluents.

---

\*Geógrafo-Mestrando em Biodiversidade e Conservação (UFMA), bolsista da FAPEMA ([geo-campos@hotmail.com](mailto:geo-campos@hotmail.com))

\*\*Prof. Dra. Departamento de Química -UFMA ([vandasn@terra.com.br](mailto:vandasn@terra.com.br))

\*\*\*Prof. Dr. Departamento de Oceanografia e Limnologia –UFMA ([rbarbieri@elo.com.br](mailto:rbarbieri@elo.com.br))

\*\*\*\*Prof. Ms. Departamento de Geociências –UFMA ([ronaldo.rodrigues@terra.com.br](mailto:ronaldo.rodrigues@terra.com.br))

\*\*\*\*\*Mestrando em Química Analítica -UFMA ([crediciomaroliveira@yahoo.com.br](mailto:crediciomaroliveira@yahoo.com.br))

## 1 – INTRODUÇÃO

O processo de urbanização ocorrido em escala mundial resultou em grandes concentrações populacionais, e estas impulsionaram a agressão ao meio ambiente urbano e à biodiversidade animal e vegetal. Em consequência disto, observa-se o comprometimento do ambiente, através da poluição do ar, da poluição hídrica (lagos, mares, oceanos e rios), da ausência de áreas verdes, da baixa circulação do ar atmosférico, do desmatamento, do esgoto *in natura*, do saneamento inadequado, entre outros.

Cabe, portanto aos pesquisadores, conceber estratégias de utilização dos recursos ambientais da forma mais proveitosa e menos degradadora possível. Isso passa por duas tarefas imensas, de importância fundamental, a de recuperar, quando possível, os recursos naturais degradados por uso inadequado e desenvolver estratégias de uso dos recursos naturais, de forma a otimizar o seu aproveitamento sem comprometer o seu potencial de utilização futura.

Atualmente, há um consenso muito bem fundamentado no meio científico de que a bacia hidrográfica é a unidade ambiental mais adequada para o tratamento dos componentes e da dinâmica das inter-relações concernentes ao planejamento e à gestão do desenvolvimento, especialmente no âmbito regional. O uso dessa unidade natural ecogeofisiográfica possibilita uma visão sistêmica e integrada devido, principalmente, à clara delimitação e à natural interdependência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos. Sobre esses subsistemas atuam as forças antropogênicas, em que atividades e sistemas econômicos, sociais e biogeográficos interagem (AB'SABER, 1987).

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

Pelo caráter integrador, Guerra e Cunha (1996) citaram que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nessa óptica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Ainda de acordo com esses autores, em nações mais desenvolvidas a bacia hidrográfica também tem sido utilizada como unidade de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua qualidade e quantidade.

No Brasil, segundo dados do IBGE (1996), o processo desordenado de ocupação do território brasileiro foi responsável pelas formas atuais do uso do solo e da poluição descontrolada. Assim, tanto a urbanização quanto a industrialização desconsideraram o equilíbrio e a preservação do ambiente, o que despertou a sociedade para novas concepções quanto à relação homem/natureza.

No Maranhão, verificou-se o aumento do índice de urbanização, que era de 17,3% em 1950, passando para 59,51% em 2000. Isso se deu devido ao incremento na rede viária, como também na concentração de terras na zona rural (latifúndio), o que resultou na liberação de mão-de-obra, a qual migrou para os núcleos urbanos, entre eles São Luís, a capital (FERREIRA, 1997). Em consequência, se constatou o aumento e a diversificação dos impactos ambientais provenientes da ocupação desordenada do solo, principalmente a poluição dos recursos hídricos.

Em São Luís, a problemática agravou-se a partir da década de 80, devido à intensificação do uso do solo, ou seja, à urbanização e à diversificação das atividades produtivas com as instalações de projetos ligados ao Programa Grande Carajás-PGC, como o Complexo Portuário-Industrial e Ferroviário da Companhia Vale do Rio Doce -CVRD e do

Consórcio Alumínio do Maranhão - ALUMAR, os quais influenciaram a migração do interior do Estado e de outros Estados brasileiros, favorecendo assim, o aumento populacional e a especulação imobiliária, acelerando os problemas ambientais na capital do Estado.

Uma das mais recentes preocupações da humanidade nos grandes centros urbanos diz respeito à presença de resíduos sólidos, pois a industrialização, o crescimento acelerado da população e o consumo exacerbado de produtos descartáveis, têm sido os responsáveis pela produção em demasia de resíduos sólidos nas grandes e médias cidades.

O Maranhão não foge a essa realidade. Após visitas e estudos realizados no Aterro da Ribeira em São Luís, no ano de 1998, foi constatado que o mesmo não vinha sendo operacionalizado como exigem as normas técnicas; espalhar, compactar e cobrir com terra os resíduos sólidos, formando células de lixo (CAMPOS, 1998). Observou-se também que não eram executadas algumas medidas mitigadoras (monitoramento das águas superficiais e subterrâneas e drenagem do lixo percolado para as lagoas de tratamento), o que vinha causando vários impactos ao ambiente, entre os quais podemos citar: exposição de lixo a céu aberto, ocasionando o aparecimento de micro e macro vetores transmissores de doenças (artrópodes, roedores e principalmente insetos), presença de urubus (risco para o tráfego aéreo devido à proximidade com o aeroporto do Tirirical) e exposição de chorume a céu aberto (contaminando o solo, o lençol freático e conseqüentemente o Igarapé do Sabino ou da Ribeira, que é afluente da bacia do Tibiri).

A presente pesquisa objetivou avaliar os impactos ambientais provocados principalmente pelos resíduos e efluentes provenientes do Aterro da Ribeira no Igarapé do Sabino.

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 – Amostragem

As coletas das amostras foram realizadas em 4 pontos ao longo do Igarapé do Sabino. O primeiro ponto próximo ao Aterro da Ribeira, o segundo e o terceiro, a jusante do Aterro, e o quarto ponto na foz do igarapé, onde ele deságua no rio Tibiri. Os locais de amostragem foram estabelecidos de forma a assegurar que a amostra fosse significativa para a caracterização do sistema.

### 2.2 – Análises e levantamentos cartográficos

Além do levantamento e análise das fontes bibliográficas relacionadas ao tema proposto, foi realizada também, levantamento e interpretação da base cartográfica da área de estudo; da carta topográfica elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército – DSG/ME, de 1980 na escala de 1:10000 e das cartas elaboradas por ( SILVA, 2001).

### 2.3 – Análises de campo

Foram medidas a velocidade do fluxo do canal fluvial (método dos flutuadores), a sinuosidade, a forma da seção transversal, a área da seção transversal e descarga do rio (GUERRA, 1999). Todos esses parâmetros foram determinados no quarto ponto de coleta, ou seja, onde o igarapé deságua no rio principal (Tibiri). As determinações do pH e da temperatura foram realizadas com o aparelho COSORT, em quatro pontos na água do Igarapé.

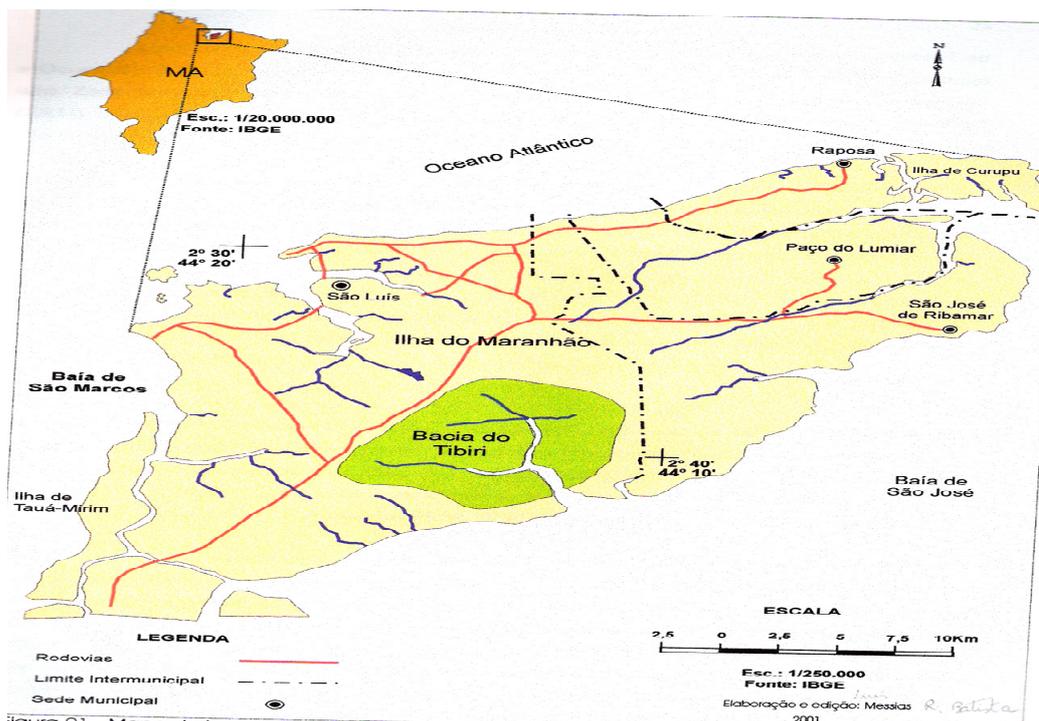
### 2.4 – Análises laboratoriais

Foram determinados o pH, a Temperatura e o oxigênio dissolvido na água pelo método de Winkler Modificado pela Azida Sódica (CETESB, 1978). As amostras da água foram coletas em quatro pontos do Igarapé do Sabino.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Igarapé do Sabino é um afluente da margem direita do Rio Tibiri. A Bacia do Tibiri localiza-se no Município de São Luís-Ma, na parte sudeste da Ilha do Maranhão, entre as coordenadas  $02^{\circ} 35'$  e  $02^{\circ} 43'$  Sul e  $44^{\circ} 10'$  e  $44^{\circ} 18'$  W de Greenwich. Limita-se a leste com a bacia do rio Tijupá e a bacia do rio Jeniparana, a Oeste com o Distrito Industrial de São Luís, ao norte com o Aeroporto Marechal Cunha Machado e o Parque de Exposição Agropecuária, e ao sul com a baía de São José, onde deságua (Figuras 1 e 2).



Fonte: IBGE adaptado por Silva (2001).

**Figura 1** – Localização da Bacia do Tibiri

Geomorfologicamente a bacia do Tibiri apresenta-se compreendida pela unidade geomorfológica denominada de “Golfão Maranhense”, com superfície de aplainamento Paraguaçu. Constitui-se, portanto, de uma área predominantemente colmatada, com presença de manguezais.

Geologicamente, a área em estudo está inserida na bacia de São Luís, conforme SCHOBENHAUS (1984). Segundo RODRIGUES (1994), a bacia de São Luís é limitada ao sul pelo arco Ferrer – Urbano Santos e ao norte, por falhamentos com rejeitos de 2000 a 4000 m; a oeste, tem-se o arco de Tocantins e a leste, o alto Rosário, ou o chamado *horst* de Rosário por SCHOBENHAUS (1984).

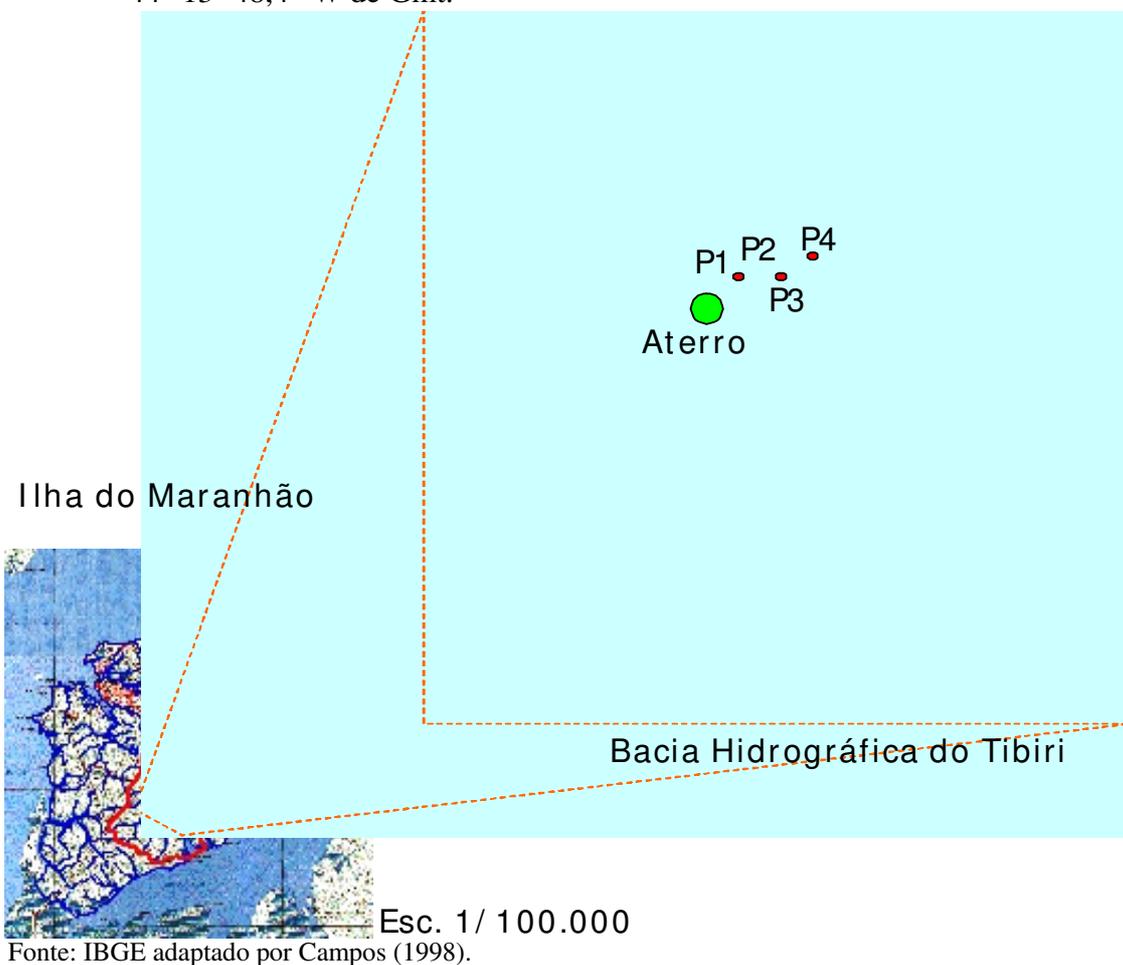
Situado na transição entre o superúmido da Amazônia e o semi-árido do Nordeste, o Clima do Golfão Maranhense é caracterizado, pelo IBGE, como semi-úmido tropical de zona equatorial (RODRIGUES, 1994).

Segundo Maranhão (apud MACEDO, 2003), a drenagem da ilha do Maranhão é composta por importantes bacias hidrográficas, tais como: bacias dos rios Anil, Bacanga, Paciência, Tibiri, Cachorros, no município de São Luís com uma área de drenagem de

25.000ha; bacias dos rios Antônio Esteves e Cururu em Paço do Lumiar e a bacia do rio Jeniparana, em São José de Ribamar.

Os locais de coleta da água no Igarapé do Sabino foram estabelecidos de forma a assegurar que a amostragem fosse significativa para a caracterização do sistema aquático. Foram escolhidos quatro pontos de coletas, conforme se pode observar na figuras 2. Podendo assim ser descritos:

- Ponto 1 – Próximo ao Aterro da Ribeira, onde os efluentes do Aterro são lançados na água. A montante do rio, Á  $02^{\circ} 38' 49,1''$  S e  $44^{\circ} 14' 50,8''$  W de Gmt.
- Ponto 2 – Á  $02^{\circ} 38' 31''$  S e  $44^{\circ} 14' 18,5''$  W de Gmt.
- Ponto 3 – Próximo ao lugar chamado Campina. Á  $02^{\circ} 38' 34,9''$  S e  $44^{\circ} 13' 73,8''$  W de Gmt.
- Ponto 4 – Na foz do rio Sabino, onde ele deságua no rio Tibiri. Á  $02^{\circ} 38' 14,1''$  S e  $44^{\circ} 13' 48,4''$  W de Gmt.



**Figura 2** – Localização do Aterro da Ribeira e dos pontos de coleta no Igarapé do Sabino

### 3.2 – RESULTADOS PRELIMINARES

Entendendo que os recursos hídricos constituem indicadores das condições ambientais, é que foi realizado um monitoramento no Igarapé do Sabino que nos indica forte interação entre a tipologia do solo e sua influência na degradação ambiental.

Foi observado que grande quantidade de *Chorume* produzido pelo lixo do Aterro da Ribeira é lançado continuamente no Igarapé do Sabino como podemos constatar nas Figuras 3, 4 e 5.



Fonte: Eduardo Campos.

**Figura 3** - Lançamento de Chorume no Igarapé do Sabino



Fonte: Eduardo Campos.

**Figura 4** - Formação de bolha de espuma pelo chorume



Fonte: Eduardo Campos.

**Figura 5** – Chorume em direção ao Igarapé do Sabino

O Chorume somado com a ação da água das chuvas, se encarregam de lixiviar compostos orgânicos presentes nos aterros sanitários para o meio ambiente. Esse líquido pode atingir os lençóis freáticos, de águas subterrâneas, poluindo esse recurso natural. A elevada carga orgânica presente no chorume faz com que ele seja extremamente poluente e danoso às regiões por ele atingidas.

Os líquidos percolados ou chorume produzidos pelos resíduos sólidos podem contaminar a água por matéria orgânica ou metais pesados que podem ser consumidos pelos peixes (tornando-se cumulativo) que por sua vez podem ser consumidos pelo homem.

A maior parte da população ribeirinha do Igarapé do Sabino vive da pesca, utilizando o rio como fonte de alimento e renda, como pode ser observado na Figura 6.



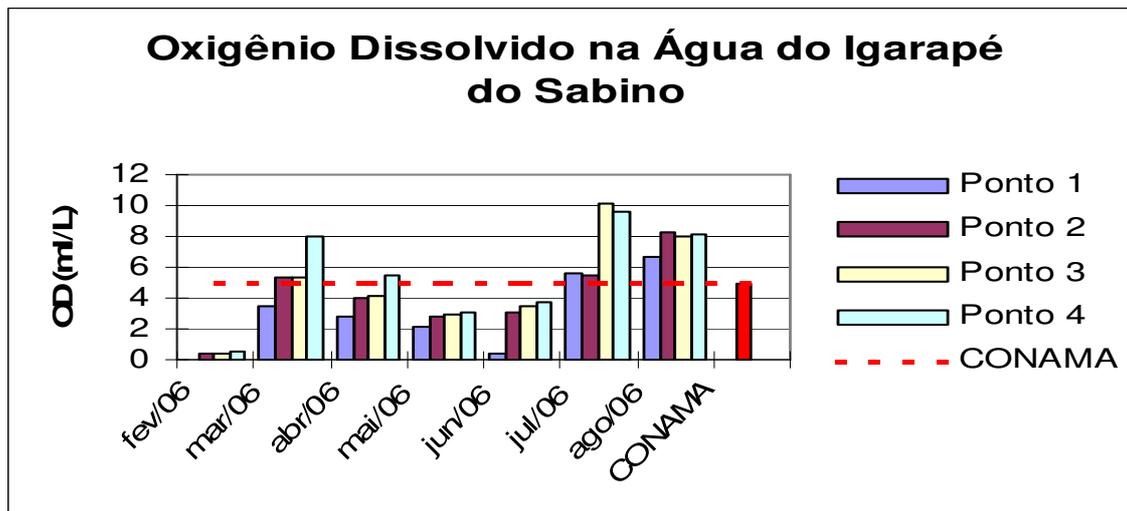
Fonte: Eduardo Campos.

**Figura 6** – Moradores ribeirinhos do Igarapé do Sabino praticando a pesca

Os peixes e mariscos pescados pela população ribeirinha do Igarapé do Sabino podem está contaminados pelo fato da grande quantidade de chorume que é lançado continuamente na água do mesmo.

O oxigênio dissolvido (OD) e o pH têm sido apontados como as principais variáveis na avaliação dos corpos de água. A determinação do OD proporciona informações sobre as reações bioquímicas e biológicas que ocorrem na água, além de indicar a capacidade dos corpos de água em promover a sua autodepuração. A concentração do oxigênio dissolvido na água varia em função da temperatura, da altitude e da aeração da água. Esses limites são considerados importantes para preservação da vida aquática (CONTE & LEOPOLDO 2001).

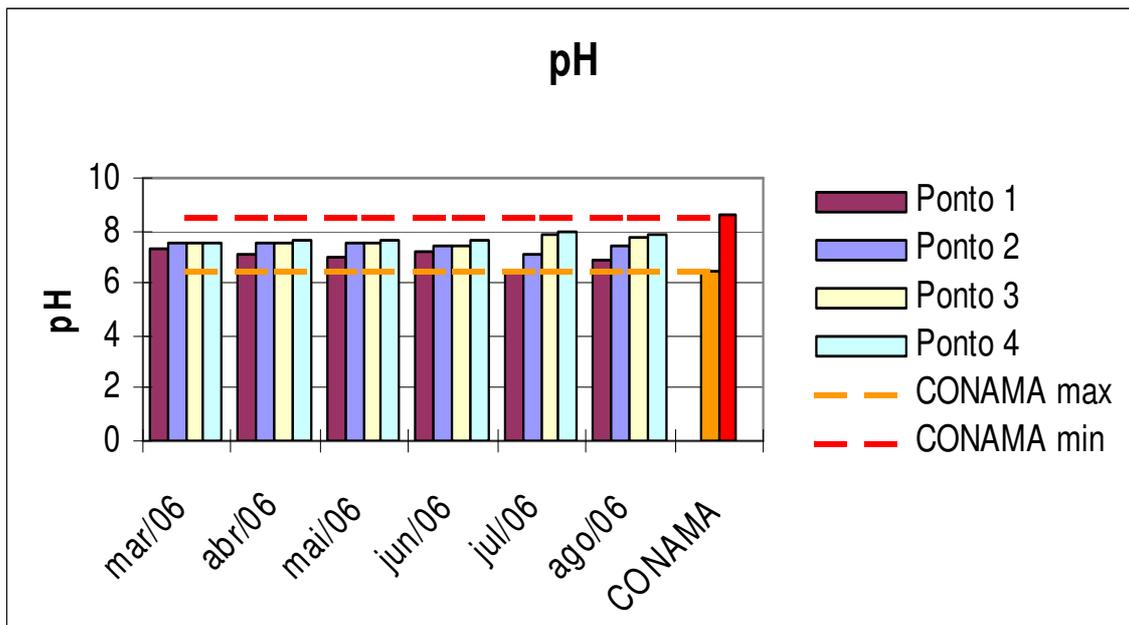
Podemos observar, pela Figura 7, que, nos períodos mais chuvosos (fevereiro, março, abril, maio e junho) as concentrações de oxigênio dissolvido na água do Igarapé do Sabino estiveram abaixo do permitido pela resolução do CONAMA (até 5 mg/L), em função da grande quantidade de efluentes lançados no igarapé. A concentração de oxigênio dissolvido na água em baixos níveis indica que o ecossistema aquático está eutrofizado diminuindo assim a quantidade de indivíduos nesse ambiente. Em estudos realizados por NAIME & FAGUNDES (2005) no Arroio Portão foram encontradas concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 2,0 mg/L que ocasionaram morte de peixes por asfixia.



**Figura 7** – Gráfico da Variação do Oxigênio Dissolvido na água, em função da localidade e do tempo.

O Potencial hidrogeniônico (pH): indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. O pH pode ser resultado de fatores naturais e antrópicos. Valores altos de pH (alcalino) de sistemas hídricos podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e, portanto, diminuição do ácido carbônico da água e conseqüente aumento pH (VON SPERLING, 1995).

O aumento do pH em direção à foz pode ser observado no Figura 8. Isso se da devido à maior parte dos líquidos percolados do aterro, serem despejados próximo a nascente do igarapé. Contudo os valores de pH apresentam-se compatíveis com a legislação CONAMA.



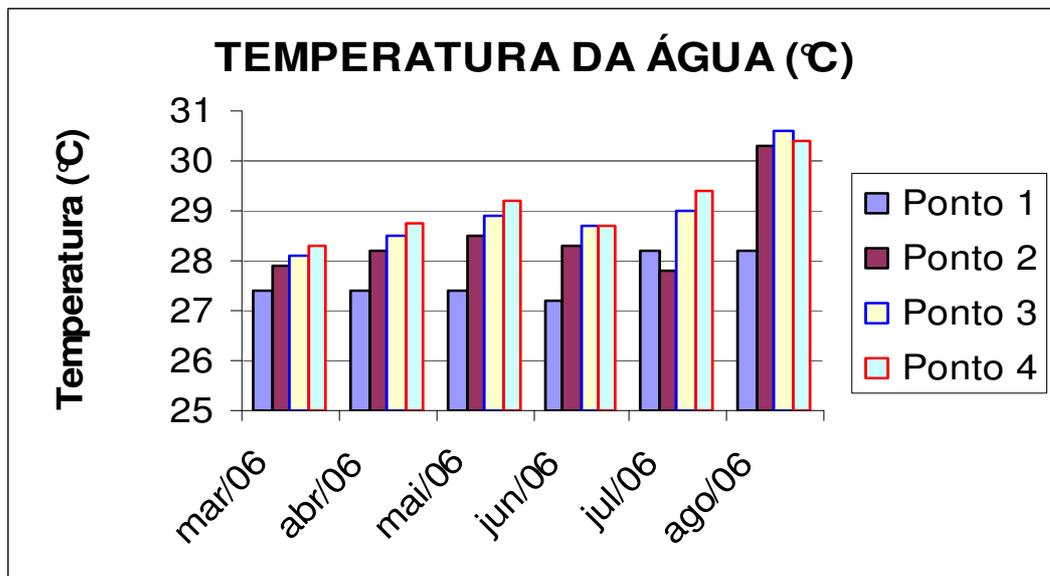
**Figura 8** – Gráfico da Variação do pH da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

As variações de temperatura que se verificam na água constituem importantes fatores das reações energéticas e ecológicas aplicadas aos recursos hídricos. A temperatura da água exerce influência direta sobre vários tipos de organismos aquáticos e sobre o teor de gases dissolvidos na água, principalmente o oxigênio e gás carbônico (BRANCO, 1986).

No Figura 9, observa-se que os dados de temperatura da água apresentam variações, as quais são conseqüências tanto do regime climático normal quanto das variações sazonais e diurnas, podendo-se observar águas mais frias na região de montante, com a temperatura aumentando progressivamente em direção a foz. Porém os valores de temperatura estão compatíveis com a resolução do CONAMA.

Vários tipos de organismos comportam-se diferentemente em relação à temperatura do ambiente. Assim sendo, os seres habitantes de uma massa de água podem ser diversamente afetados pelo que se pode chamar de poluição térmica, causada pelo lançamento, em um manancial, de despejos, provenientes, geralmente, de indústrias, aterros, sistemas de refrigeração de motores entre outros.

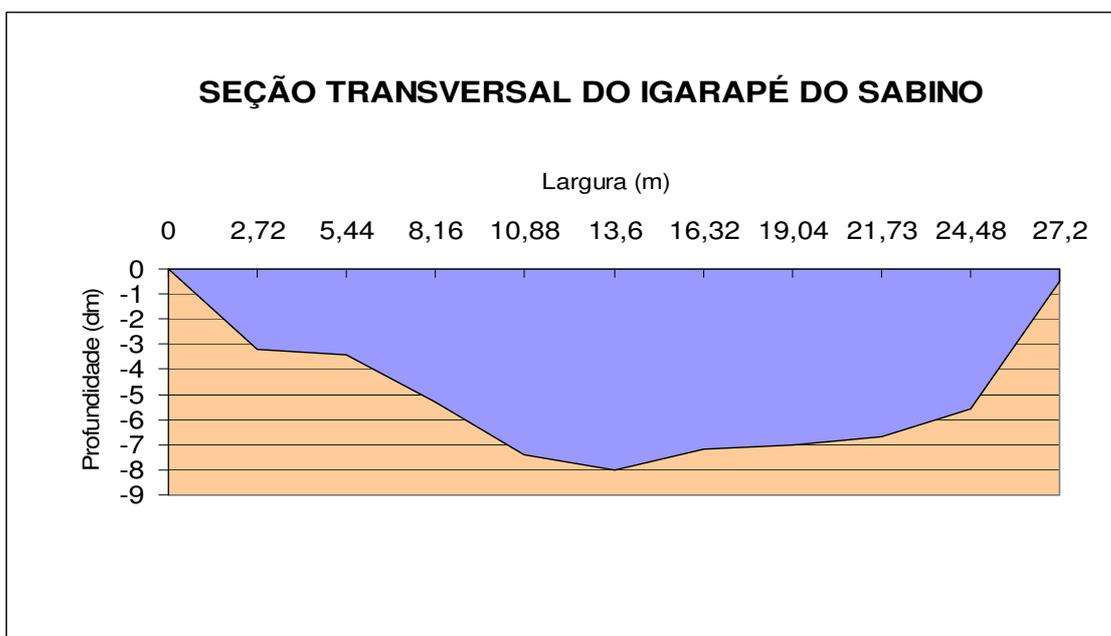
Seus efeitos podem ser diretos, pela coagulação das proteínas que constituem a matéria orgânica viva, ou indiretos, seja por intermédio de um aumento da capacidade tóxica de certas substâncias que se encontram dissolvidas na água, ou seja, proporcionar a proliferação de organismos concorrentes (parasitas), seja pela temperatura, que provoca na água a capacidade de dissolver e reter oxigênio, ao mesmo tempo em que aumenta a atividade fisiológica dos organismos aquáticos, condicionando asfixia dos mesmos (PEREIRA, 2003).



**Figura 9** – Gráfico da Variação da Temperatura da água do Igarapé do Sabino, em função da localidade e do tempo.

O Igarapé do Sabino possui uma velocidade média de 24,28 m/s, com uma descarga de 35.108,88 m<sup>3</sup>/s e a área de sua seção transversal é de 1.446 m<sup>2</sup>. Ressalta-se que a velocidade média, descarga e área da seção transversal foram determinadas no quarto ponto de coleta, ou seja, onde o igarapé deságua no rio principal (Tibiri).

A variabilidade da velocidade da corrente em diferentes pontos reflete a natureza diversificada do relevo sobre o qual se instala o leito do rio, que permite acréscimo de oxigênio na água, com influência positiva na autodepuração do rio a jusante, principalmente pelo agente “corrente de maré”, que é muito atuante no baixo curso (Figura 10).



**Figura 10** – Perfil da Seção Transversal do Igarapé do Sabino

#### 4 – CONCLUSÃO

Diante a execução desta pesquisa foi possível se realizar as análises físico-químicas da água e também observar e constatar que existem vários problemas de ordem sanitária e ambiental que são provocados pelo Aterro da Ribeira no Igarapé do Sabino. Sendo possível concluir que:

Os resultados aqui apresentados são preocupantes, no que se refere à manutenção da qualidade dos recursos hídricos e da biota no ecossistema do Igarapé do Sabino. Este quadro de degradação detectado contribui de forma significativa para um desequilíbrio ecológico, prioritariamente na região da montante, refletindo negativamente em todo igarapé.

Grande quantidade de Chorume produzido pelo lixo do Aterro da Ribeira é lançado continuamente no Igarapé do Sabino. O líquido percolado do Aterro está contaminando a água do Igarapé por matéria orgânica. Sem contar que a água pode está sendo contaminada também por metais pesados que podem ser consumido pelos peixes (tornando-se cumulativo) que por sua vez podem ser consumidos pelo homem.

Nos períodos mais chuvosos (fevereiro, março, abril, maio e junho) as concentrações de oxigênio dissolvido na água do Igarapé do Sabino estiveram abaixo do permitido pela resolução do CONAMA (até 5 mg/L), em função da grande quantidade de efluentes lançados no igarapé. A concentração de oxigênio dissolvido na água em baixos níveis indica que o ecossistema aquático está eutrofizado diminuindo assim a quantidade de indivíduos nesse ambiente.

Há necessidade de se buscar maior eficiência na operacionalização do Aterro Municipal da Ribeira, que com certeza não devem está executando as medidas mitigadoras de impacto ambiental. É interessante se ressaltar que foram solicitadas visitas ao aterro municipal da ribeira que não foram concedidas pela administração do mesmo.

A Superintendência de Limpeza Pública de São Luís deveria seguir o exemplo do município de Porto Alegre que criou o Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos que tem o objetivo de conseguir o máximo de reaproveitamento ou reciclagem, maximizando a vida útil dos aterros sanitários. Assim, o modelo de gerenciamento integrado que está sendo posto em prática em Porto Alegre, visa separar todos os tipos de resíduos na origem, no momento de sua geração, já tendo em mente o que será feito com esse resíduo para tratá-lo e posteriormente destina-lo adequadamente. Para o sucesso de qualquer sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, quatro fatores devem estar presentes: vontade política (querer fazer); conhecimento técnico (saber como fazer); recursos financeiros (ter como poder fazer); e pessoal qualificado e treinado (poder fazer, avaliar e refazer) (REICHERT, 1993).

Dessa forma ressalta-se a necessidade urgente de ações que revertam o estado de degradação em que se encontra o ecossistema aquático Igarapé do Sabino, bem como, ações de fiscalização dos órgãos ambientais, e intervenções do poder público no Aterro, para que o mesmo não continue degradando o referido sistema aquático.

#### 5 – AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelo apoio e incentivo dado a nossa pesquisa.

## 6 – REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia:** questões de escala e método. 1987. Seminar on Technology for Human Settlements in the Humid Tropics, CEPAL/IPEA (Economic Commission for Latin América/Caribbean Institute of Economic and Social Planning).
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** 3. ed. São Paulo: Cetesb/Ascetesb, 1986.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005.** [Brasília]: CONAMA, 2005.
- CAMPOS, Antonio Eduardo Lopes. **Estudo Ambiental sobre o Aterro Sanitário da Ribeira - São Luís - Ma.** São Luís, 1998.
- CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos:** Rio Pardo, um exemplo. São Pulo: Editora UNESP, 2001.
- CETESB. **Normatização Técnica:** Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Método da Diluição e Incubação (20°C, 5 dias). São Paulo, 1978.
- FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 1996. p 337-339.
- GUERRA, Antonio José Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- IBGE. **Contagem da População – 1996.** Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/estatistica/população/contagem/macont96.shtm>>. Acesso em: 14 abr. 2006.
- MACEDO, Lúcio Antonio Alves de. **Qualidade ambiental dos rios da ilha de São Luís.** São Luís: UFMA, 2003.
- NAIME, R.; FAGUNDES, S. R. **Controle da qualidade da água do Arroio Portão Portão.** Porto Alegre: Instituto de Geociências; UFRGS, 2005.
- PEREIRA. R.S. **Processos que regem a qualidade da água da lagoa dos patos, segundo o modelo delft3d.** 2003. 149 p. Dissertação (Mestrado em engenharia oceânica) – Fundação Universitária do Rio Grande, 2003.
- POLUIÇÃO por chumbo em bauru. 2003. Disponível em : <[http://www.arvore.com.br/artigos/htm\\_2002/ar1004\\_6.htm](http://www.arvore.com.br/artigos/htm_2002/ar1004_6.htm)>. Acesso em: 11 nov. 2005.

REICHERT, G.A. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos em Porto Alegre**. In: Simpósio Latino-Americano de Resíduos Sólidos, 1, São Paulo. Anais.... São Paulo: AIDS, 1993 pp. 324-340.

RODRIGUES, T.L.N. et al. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís. Folha AS.23-Z-A, Cururupu. Folha AS.23-X-C, Estado do Maranhão. Brasília, CPRM, 1994.

SCHOBENHAUS, C. et al. **Geologia do Brasil**. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p. 35-51.

SILVA, Quésia Duarte da. **Proposta de Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Tibiri, São Luís-Ma**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

VON, S. M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuais. In: \_\_\_\_\_. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1995.

Campos, Antonio Eduardo Lopes

Impacto Ambiental no Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) provocado pelos Resíduos e Efluentes do Aterro da Ribeira, São Luís-Ma. / Antonio Eduardo Lopes Campos. — São Luís, 2007.

88 f.:il.

Impresso por computador (fotocópia)

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, 2007.  
Dissertação orientada por Gilvanda Silva Nunes e Ricardo Barbieri

1. Impacto ambiental 2. Metais pesados 3. Bacia hidrográfica. I. Título.

CDU 556.51:504.3 (812.1)